



Tramvie di Milano

Ricordi e osservazioni sulla linea aerea durante l'esercizio con trolley ad asta e durante la transizione al pantografo

**Bruno
Maccari**

Bruno Maccari

Tramvie di Milano

Ricordi e osservazioni sulla linea aerea durante l'esercizio con trolley ad asta e durante la transizione al pantografo

Edizione dicembre 2013

Tutte le fotografie e i disegni sono dell'autore, tranne dove diversamente indicato.

Indice

1. Premessa
2. Introduzione
3. Filo in rame
4. Morsetti
5. Supporti e sospensioni
6. Tiranti trasversali
7. Isolatori per i tiranti trasversali
8. Scambi e incroci
9. Separatori
10. Incrocio tra tranvie e filovie
11. Giunti
12. Contatti per il comando degli scambi
13. Contatti per il comando dei semafori
14. La trasformazione della linea per il pantografo
15. Ringraziamenti

Appendice A - Piccola raccolta di immagini della linea aerea

Appendice B - Aspetti tipici e piccoli aneddoti

Appendice C - Cronologia della trasformazione delle linee nel triennio 1976/78

Appendice D - Le prese di corrente

Appendice E - Alcune immagini delle linee interurbane

1. PREMESSA

Questa breve e approssimativa trattazione è il frutto delle mie esplorazioni della rete tranviaria urbana di Milano nel triennio 1976-1978, quando era in pieno svolgimento l'ultima fase della graduale transizione (destinata a concludersi nell'autunno 1978 con la linea 23) dal trolley ad asta e rotella al pantografo, e quando era possibile vedere non pochi tratti di linea ancora attrezzati per la "rotella", sia sui binari in esercizio, sia sui rami (irreversibilmente) chiusi all'esercizio alcuni anni prima ma ancora dotati di linea di contatto¹.

Non ho certo la pretesa di trattare esaurientemente l'argomento dal punto di vista tecnico e storico, non avendo svolto (né potendo farlo) ricerche mirate; ma piuttosto ritengo che, in assenza di altre opere sull'argomento, anche una descrizione da osservatore dilettante, corredata da numerose immagini (e da qualche supposizione), possa interessare e possa spronare qualcuno a sviluppare un'opera descrittiva più degna, e sia comunque sempre meglio che abbandonare queste seppur modeste conoscenze all'oblio.

Va da sé che in molti casi i termini con cui sono identificati i vari componenti non saranno quelli propri e ufficiali, bensì quelli coniat dal me; ove questi rischiano di essere troppo differenti da quelli ufficiali o comunque troppo fantasiosi, ho fatto ricorso all'uso delle virgolette.

2. INTRODUZIONE

Rispetto ad una linea di contatto per pantografo, come oggi se ne vedono dappertutto, una linea per trolley ad asta e rotella presenta alcune peculiarità:

- il filo in rame segue più o meno rigorosamente l'asse del binario, ovvero non presenta la poligonazione che serve ad usurare uniformemente gli striscianti del pantografo su tutta la loro larghezza utile; sono pertanto tipici il filo perfettamente dritto sui rettilinei e, sulle curve, la distanza relativamente ridotta tra i supporti;
- scambi e incroci richiedono dispositivi particolari atti a guidare la rotella; essi devono essere posizionati con molta cura rispetto al binario, pena lo "scarrucolamento" durante l'esercizio;
- la linea non deve necessariamente presentarsi assolutamente liscia come quando l'archetto del pantografo deve strisciare a contatto con essa, ma tollera ingombri anche al di sotto, purché adeguatamente conformati in modo che la rotella possa "scavalcarli"; per esempio, è tipico l'uso di morsetti per il sostegno del filo in rame di tipo "avvolgente", da ribadire intorno al filo stesso, così come pure di scambi e incroci che, senza opportune protezioni aggiuntive, non potrebbero essere "percorsi" da un pantografo.

Infine, non tanto per esigenze di geometria della linea o di morfologia della presa di corrente, ma piuttosto per motivi legati all'evoluzione dei materiali isolanti disponibili nei vari periodi, si adoperavano tiranti di sostegno in acciaio con isolatori sui tiranti stessi ed in corrispondenza dei supporti di sospensione del filo in rame, supporti che

¹ Per esempio piazza Miani, corso Indipendenza/piazzale Susa, via Dell'Orso/Monte di Pietà, via Donatello/piazza Piola, che sarebbero tutti stati privati degli impianti di alimentazione proprio nel periodo in esame o poco dopo.

erano conformati di conseguenza; ne risultava un impianto abbastanza complesso e pesante (e di aspetto molto caratteristico), se confrontato con l'attuale rete aerea che, con tiranti in materiale isolante e relative sospensioni molto semplificate, si presenta più leggera (con ovvio beneficio per la regolarità di captazione) e ha un impatto visivo assai più ridotto.

Nel seguito, verranno descritti (pur con i limiti citati nella premessa) i vari componenti della linea di contatto osservati nel periodo citato. Ove possibile, si faranno accenni (basati esclusivamente sull'osservazione di vecchie fotografie) alla situazione precedente al detto periodo; l'argomento rimane comunque meritevole di ben altri approfondimenti.

3. FILO IN RAME

3.1 Filo sagomato

Il filo in rame adoperato attualmente e già ai tempi del trolley ad asta presenta la sezione visibile in figura 3.1 A, di 100 mm^2 con un diametro di circa 12 mm.

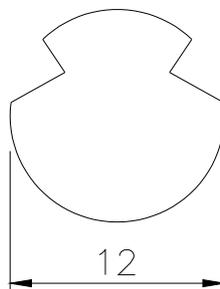


Figura 3.1 A

Le due cave, come peraltro avviene anche per le linee ferroviarie, permettono agli appositi morsetti l'afferraggio del filo senza inficiare la superficie inferiore di contatto, nonché il fissaggio sul filo di eventuali altri dispositivi.

In figura 3.1 B si vede un esempio di filo nuovo (a sinistra), accanto a un esempio di filo consumato dall'esercizio con rotella (a destra).



Figura 3.1 B

3.2 Filo liscio

Precedentemente si adoperava il filo liscio (ovvero privo di cave), di cui si vede un esempio in figura 3.2 A, tolto d'opera dall'anello interno del capolinea di piazzale Negrelli nel 1977 (figura 3.2 B).



Figura 3.2 A

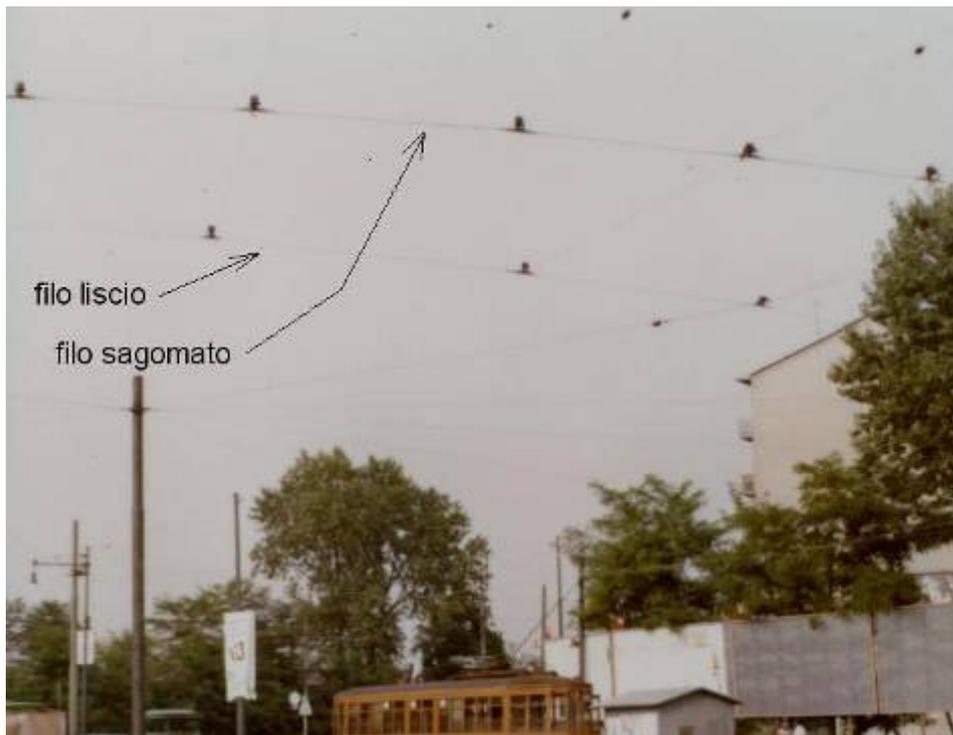


Figura 3.2 B (p.le Negrelli nel settembre 1977)

E' ben evidente che con questo filo sono compatibili solo i morsetti da ribadire sullo stesso (che verranno descritti al paragrafo 4.1); si può supporre che la sezione di forma schiacciata visibile in figura 3.2 A sia dovuta all'usura, e che a nuovo il filo fosse circolare, ma non si hanno altri riscontri in merito.

Non mi è possibile dire quando è stato introdotto a Milano il filo sagomato e fino a quando sono rimasti in opera tratti con filo liscio, salvo notare che quello di piazzale Negrelli era già al tempo sicuramente un caso isolato; si vedano a tale proposito anche le considerazioni in coda al paragrafo 4.2 in merito all'uso precoce dei morsetti a vite, con i quali è lecito supporre la presenza di filo sagomato.

Da ultimo, un'impressione che si ricava dalle antiche fotografie è che, perlomeno in alcuni casi (in particolare diramazioni da scambi), il filo si presentasse leggermente ondulato e quindi fosse soggetto ad un tiro inferiore all'attuale.

4. MORSETTI

4.1 Morsetti da ribadire

Il tipico morsetto “avvolgente” da chiudere mediante deformazione plastica intorno al filo in rame è mostrato in figura 4.1 A/B; esso consiste in una fusione in bronzo o ottone, forata e filettata al centro con filettatura da 5/8 Whitworth per il suo collegamento con l’isolatore a rocchetto.



Figura 4.1 A (con i bordi non ancora deformati intorno al filo)

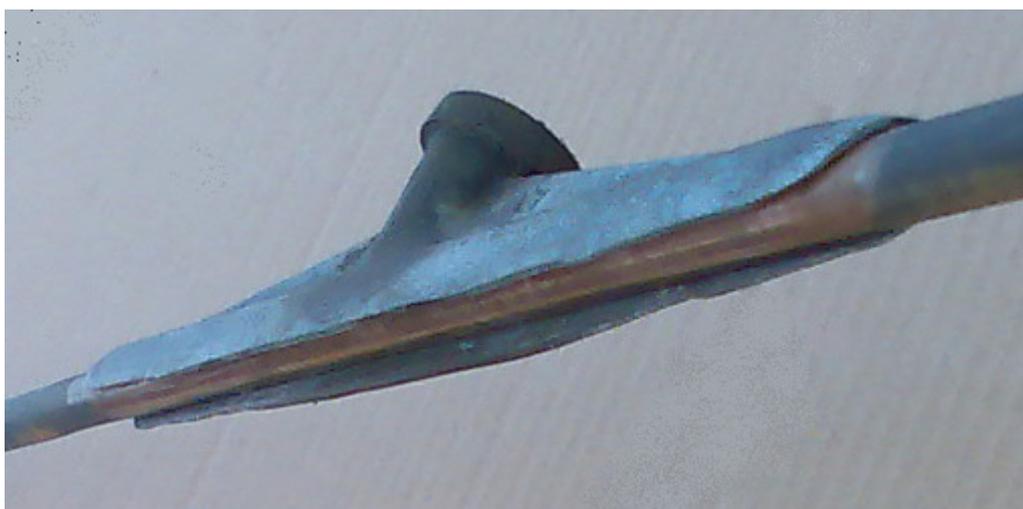


Figura 4.1 B (con i bordi non ancora deformati intorno al filo)

Pur non avendo chi scrive mai potuto assistere all’operazione, la posa in opera avveniva presumibilmente calzando il morsetto sul filo (dall’alto) e poi deformando i bordi con martello da un lato e un qualche utensile di riscontro dall’altro, fino ad avvolgere completamente il filo; i generosi smussi presenti alle estremità permettevano il transito della rotella senza difficoltà.

Per la rimozione (vedasi anche 14.1) si agiva aprendo i bordi con martello e scalpello. All’epoca delle mie osservazioni, la stragrande maggioranza di questi morsetti era già installata su filo sagomato, il quale avrebbe permesso l’uso più agevole del morsetto a vite (4.2); come già accennato, non so quando sia stato introdotto il filo sagomato, né se il continuato uso dei morsetti da ribadire sia dovuto semplicemente ad opportunità di esaurire le scorte o ad altri motivi.

Sono sicuramente esistite, come si denota anche da varie fotografie, diverse taglie di questo morsetto, per fili di diametro minore e di lunghezza leggermente inferiore; ancora nel periodo in esame si sono visti morsetti con diverse diciture leggibili in rilievo sugli stessi (per esempio, 12.9 e 11.8).

4.2 Morsetto a vite compatibile con trolley

E' realizzato in due metà (in bronzo o ottone) unite da quattro viti speciali in rame (viti cave con foro quadrato), e quindi può essere fissato sul filo sagomato semplicemente serrando le viti (figura 4.2). Esso presenta superiormente la già citata filettatura femmina 5/8 Withworth per il collegamento con l'isolatore a rocchetto o con altri apparati.



Figura 4.2

Si noti che la larghezza è limitata (non eccede il diametro del filo) e che le quattro viti sono complanari con la superficie laterale, per cui il morsetto è compatibile con il trolley ad asta e rotella, poiché i bordi di quest'ultima non incontrano ostacoli che sporgano oltre la larghezza del filo.

E' stato utilizzato in gran quantità con l'introduzione dell'esercizio con pantografo (pur come detto permettendo ancora quello con trolley) principalmente con le "zampe di ragno" (14.2), per fissare al filo le slitte di protezione grazie a cui il pantografo poteva transitare sotto scambi e incroci per rotella, per le sospensioni equipotenziali di nuovo tipo (14.4) e più raramente con le sospensioni TIBB con isolatore a rocchetto (5.2; queste ultime di norma accoppiate con il morsetto da ribadire 4.1).

Per completezza, si nota comunque che in passato sono esistiti morsetti simili risalenti ad anni molto più lontani, per esempio in immagini degli anni '50; ma si vedono morsetti simili (pur in promiscuità con morsetti da ribadire) anche in una foto Alinari presa in piazza Cavour intorno al 1900.

4.3 Morsetto a due viti

Costruttivamente simile al 4.2 ma più corto e con solo due viti e molto meno diffuso (figura 4.3).

Sulle linee compatibili con l'esercizio misto trolley/pantografo è stato principalmente utilizzato sulle slitte di protezione.



Figura 4.3

4.4 Morsetto a due viti "largo"

Comune agli impianti ferroviari e funzionalmente simile al 4.3, ne differisce in quanto una delle due metà consiste a sua volta in due piastrine separate, ciascuna con la sua vite in rame (figura 4.4 A), e soprattutto in quanto la sua larghezza (corpo + sporgenza viti) supera il diametro del filo, non risultando pertanto compatibile con la rotella (figura 4.4 B).

Nel periodo in esame è stato utilizzato solo sulle slitte di protezione (di cui si tratterà in 14.3), interessate appunto solo dal pantografo; attualmente, ha sostituito quasi completamente tutti i tipi precedentemente citati.

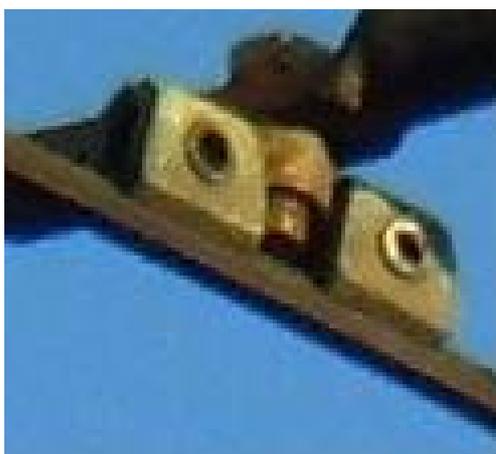


Figura 4.4 A



Figura 4.4 B

4.5 Morsetto a vite per il collegamento di due cavi

Collega un filo sagomato con un altro filo uguale o una treccia, che (a differenza del primo) viene completamente avvolto (figura 4.5 A, 4.5 B). Come con i morsetti 4.2 e 4.3, la sua larghezza ridotta lo rende compatibile con l'esercizio della rotella.

Con l'arrivo del pantografo, è diventato di uso diffusissimo (e lo è ancora adesso) per le sospensioni in rettilineo (vedere 14.1), dove collega ciascuna estremità del cavalletto triangolare al filo di contatto (fig. 4.5 C); è pure usato per il collegamento elettrico tramite treccia o cavo flessibile di due fili di contatto che si intersecano o paralleli (tipicamente scambi e incroci per solo pantografo).



Figura 4.5 A

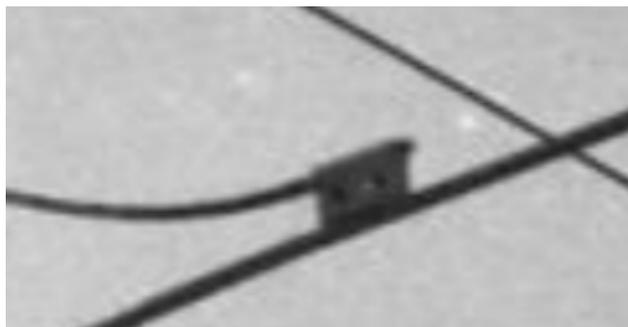


Figura 4.5 B



Figura 4.5 C

4.6 Situazione attuale

Ad oggi, sono di uso comune i morsetti 4.4 e 4.5; il morsetto 4.2 è visibile molto raramente, in particolare per il fissaggio al filo delle slitte di comando degli scambi automatici (probabilmente solo per continuità con il passato) e in prossimità degli incroci filoviari (in quanto sulle filovie è ancora molto diffuso per le sospensioni in

rettilineo, grazie alla sua già citata compatibilità con la rotella e quindi anche con il pattino filoviario).

Il morsetto 4.3 non è più stato notato, e il morsetto 4.1 è scomparso fin dal 1978 dalla rete urbana (dal 1982 dalle tranvie interurbane della Brianza).

5. SUPPORTI E SOSPENSIONI

Si descrivono nel seguito le sospensioni in uso nel periodo considerato; solo in coda al capitolo si farà un accenno ai tipi usati precedentemente.

5.1 Isolatore a rocchetto (o a campana)

Comune ai supporti 5.2 e 5.3 descritti di seguito, consiste in un corpo (in vetroresina, generalmente bianca e in qualche caso rossa) cilindrico ma con diversi diametri (figura 5.1), dove la parte centrale, di diametro inferiore alle altre, viene serrata dal supporto. Esso presenta inferiormente un prigioniero con filettatura 5/8 Withworth, per il collegamento con i morsetti di cui al capitolo 4; intorno al prigioniero, sulla superficie inferiore della campana, una serie di scanalature concentriche funge da rompiggocce.



Figura 5.1

Dal punto di vista manutentivo, si osserva che questi isolatori, essendo come si vedrà completamente esposti agli agenti atmosferici, erano soggetti al lento “consumo” della resina con conseguente affioramento dei fili di vetro; per limitare questo decadimento, essi subivano talvolta una riverniciatura, perlomeno quando venivano tolti d’opera e prima di un successivo reimpiego.

Per completezza, bisogna ricordare che esistono citazioni (Allegati agli appunti per allievi guidatori tranviari, in uso negli anni '70) dove come materiale per gli isolatori (non posso dire se quelli qui descritti o altri tipi precedenti) si indica la tela bachelizzata (peraltro usata anche per i separatori, si veda il cap. 9); è quindi verosimile ipotizzare che, per questo isolatore, la vetroresina sia stata introdotta in un certo periodo, in sostituzione di altri materiali isolanti.

5.2 Sospensioni TIBB

Questi supporti, presumibilmente ottenuti da fusione in ghisa malleabile, venivano usati, unitamente all'isolatore 5.1 (sul quale venivano serrati a guisa di collari, figura 5.2) e ad un morsetto (4.1 o più raramente 4.2) per il sostegno della linea di contatto in rettilineo e in curva, nonché per i tiranti che mantengono la traiettoria del filo in curva.



Figura 5.2

La loro forma arcuata con concavità verso il basso (che a più di un osservatore ricordava uccelli in volo) tendeva ad allineare il tirante trasversale con il filo in rame, rendendo trascurabile l'effetto rotazionale dei due tiri perpendicolari.

Da varie fotografie, si può dedurre che le sospensioni TIBB sono state introdotte sistematicamente negli anni '50; per quanto riguarda la loro prima comparsa (perlomeno di quelle per curva), esse si notano già nelle fotografie di piazza Fontana dopo l'allargamento del 1935 (eliminazione della via Tenaglie con abbattimento delle case circostanti), anche se installate, come di consueto a quel tempo, con il doppio isolatore a bozzello (cfr. par. 7.1 e figura 7.1 D). Per inciso, si può presumere (cfr. 5.1) che a quel tempo gli isolatori a rocchetto non fossero ancora realizzati in vetroresina.

Nel periodo in esame, questa famiglia era adottata nella grandissima maggioranza dei casi; essa comprendeva:

5.2.1 Sospensione per rettilineo

Caratterizzata (figure 5.2.1 A÷D) dalla continuità del tirante trasversale.

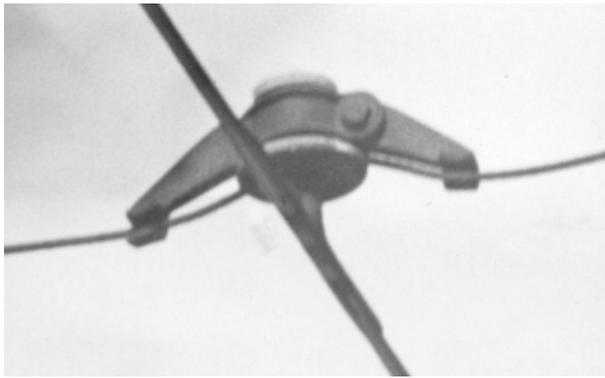


Figura 5.2.1 A



Figura 5.2.1 B



Figura 5.2.1 C



Figura 5.2.1 D

5.2.2 Sospensione per curva

Essendo il tirante trasversale interrotto e intestato sui due occhioli, risultava molto più stabile al tiro trasversale che mantiene il filo in curva (figure 5.2.2 A÷C).

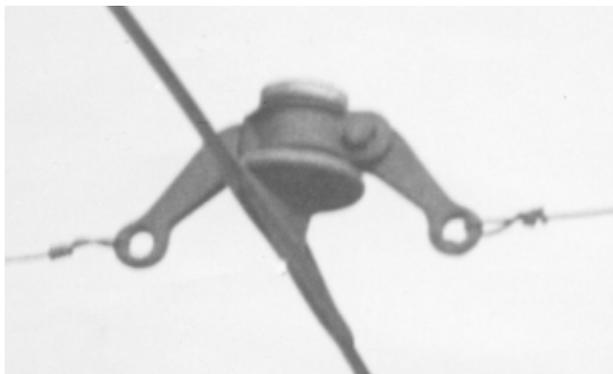


Figura 5.2.2 A

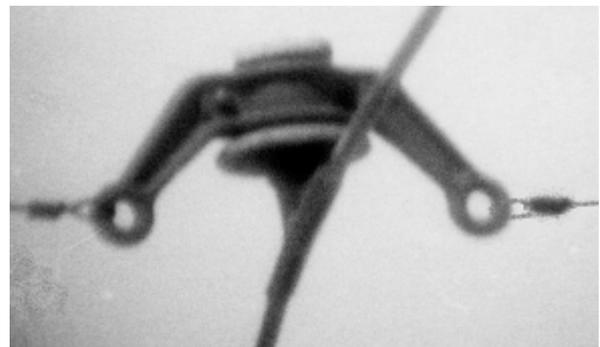


Figura 5.2.2 B



Figura 5.2.2 C



Figura 5.2.2 D

5.2.3 Sospensione per curva con attacco da un solo lato

Per il mantenimento del filo in curva, più che per il supporto (figura 5.2.3 A÷B).



Figura 5.2.3 A



Figura 5.2.3 B

5.2.4 Osservazioni sull'uso delle sospensioni per curva

Di regola, le sospensioni 5.2.2 e 5.2.3 venivano installate singolarmente; in alcuni casi² erano però installate a coppie, a breve distanza l'una dall'altra, con i rispettivi tiranti che convergevano su un terzo tirante singolo. Ne risultava una configurazione simile a quella che sarebbe poi stata realizzata con le "zampe di ragno" per il pantografo (14.2).

Il nodo dove i due tiranti convergevano in uno solo prevedeva una semplice giunzione nel caso di tirante che terminava sulle sospensioni, oppure una sospensione 5.2.1 capovolta nel caso di tirante passante (figura 5.2.4 A/C).

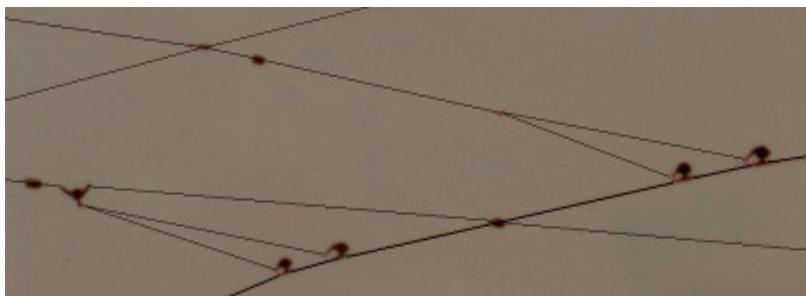


Figura 5.2.4 A



Figura 5.2.4 B

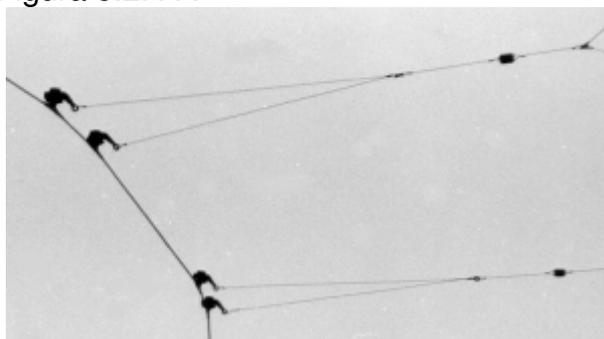


Figura 5.2.4 C

La configurazione sopra descritta è probabilmente stata introdotta in tempi relativamente recenti: infatti, per esempio, essa era visibile in via Croce Rossa nel

² Per esempio, in capolinea periferici come viale Rimembranze di Lambrate, via Monte Velino, Roserio, via Console Marcello, ma anche in zone più centrali come piazza Risorgimento, piazza Dateo, via Croce Rossa (si vedano le figure in appendice A: A7, A8, A9, A10, A11, A17, A18, A21)

1978 (figure A17 e A18 in appendice A), ma esiste una fotografia del 1955 in cui, nello stesso luogo, sono installate le sospensioni singole.

5.3 Sospensione per rettilineo

Usata molto più raramente delle sospensioni TIBB, è funzionalmente equivalente alla 5.2.1, con continuità del tirante trasversale che veniva bloccato serrando le viti sulle due "orecchie" (figura 5.3 A/B).

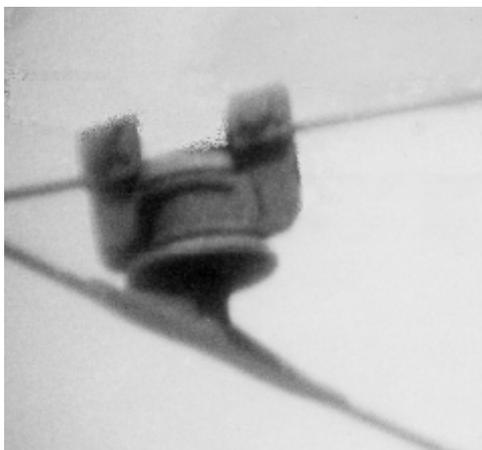


Figura 5.3 A



Figura 5.3 B

5.4 Sospensione equipotenziale

Priva di isolatore (figure 5.4 A, B, C), veniva adoperata per creare la continuità elettrica tra il filo in rame ed il tirante trasversale; quest'ultimo era costituito, nel tratto interessato, da filo di rame uguale a quello della linea di contatto, collegato alle estremità all'usuale tirante in acciaio tramite isolatori. Veniva adoperato, saltuariamente, per collegare in parallelo i due fili in rame delle linee a doppio binario, o (in verità piuttosto raramente) in prossimità di scambi e incroci per migliorare la continuità tra il ramo dritto e il ramo deviato (figura 5.4 D e 8.2 A).

Nel periodo in esame o poco dopo è scomparsa ed è stata completamente sostituita dal tipo 14.4 (la figura 5.4 D mostra a confronto le due generazioni di sospensione equipotenziale).

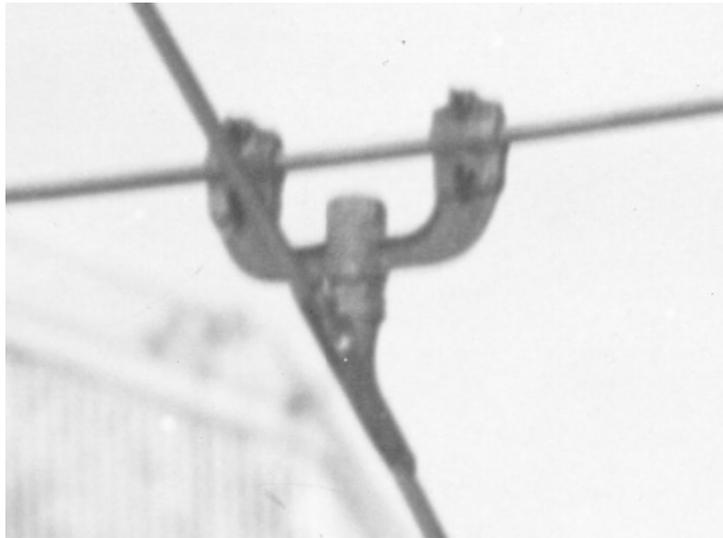


Figura 5.4 A



Figura 5.4 B



Figura 5.4 C

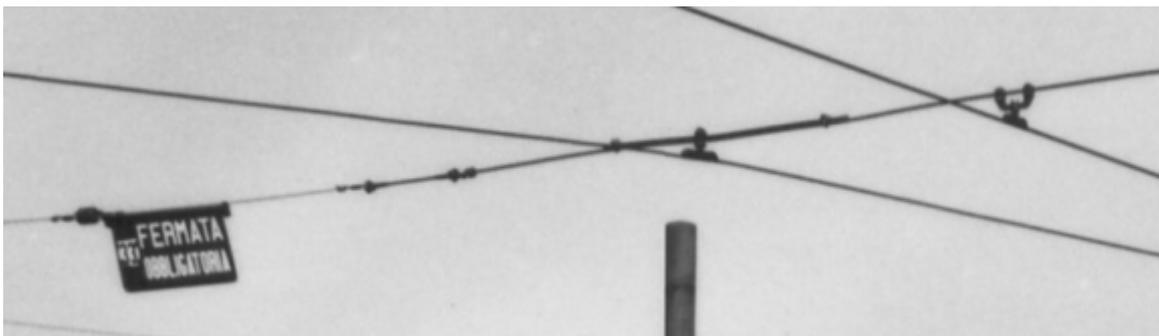


Figura 5.4 D

In merito a sospensioni equipotenziali adoperate prima di quella qui descritta, esistono testimonianze fotografiche di un tipo simile, ma con proporzioni leggermente diverse, simili a quelle dello schizzo di figura 5.4 E.

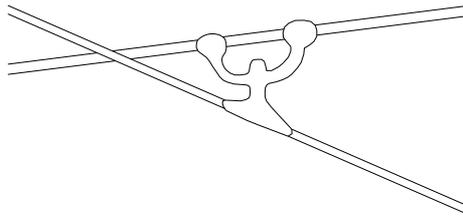


Figura 5.4 E

5.5 Cenni sulle sospensioni usate in precedenza

Come si deduce dalle fotografie scattate fino agli anni '50 e in qualche caso negli anni '60, prima delle sospensioni TIBB si adoperavano i tipi seguenti, caratterizzati, a quanto se ne è potuto dedurre, da un differente isolatore (o, come suggeriscono antichi cataloghi, si trattava forse di un "bullone isolante") che nella parte alta era completamente protetto dagli elementi, in quanto coperto da un coperchio avvitato sul corpo della sospensione e la cui sporgenza verso l'alto era chiaramente visibile.

5.5.1 Sospensione per rettilineo

Anch'essa conformata per non interrompere il tirante trasversale (fig 5.5.1).

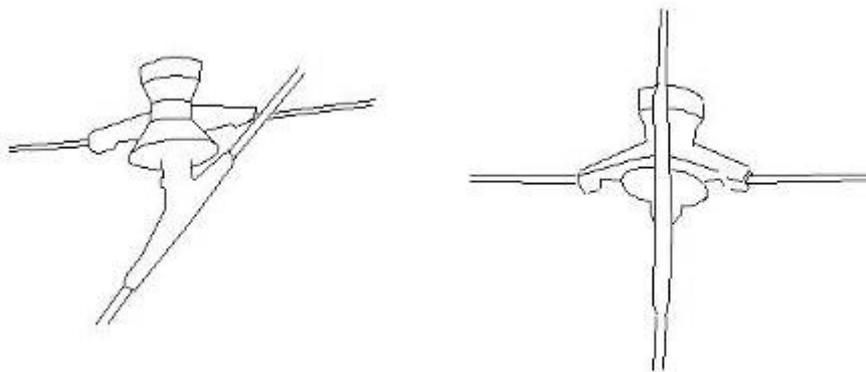


Figura 5.5.1

5.5.2 Sospensione per curva

Simile (fig. 5.5.2) alla TIBB 5.2.2.

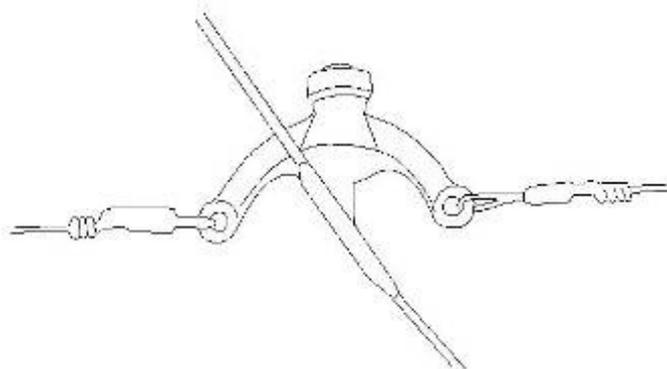


Figura 5.5.2

5.5.3 Sospensione per curva con attacco da un solo lato

Anch'essa simile (fig. 5.5.3) alla TIBB 5.2.3.

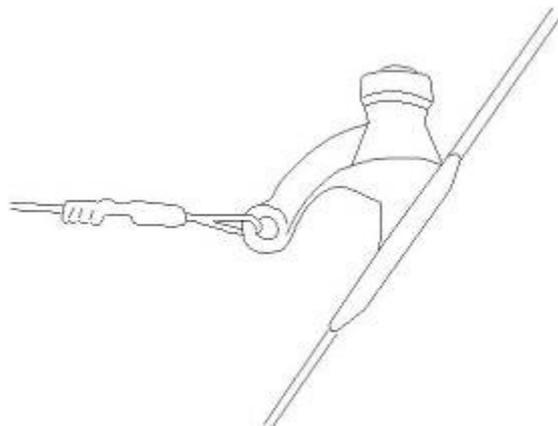


Figura 5.5.3

6. TIRANTI TRASVERSALI

I tiranti erano in filo di acciaio zincato; i più antichi erano in filo semplice di diametro variabile (chi scrive ne ha visti da 3,5 e 5,5 mm), le cui estremità si attestavano sui supporti come mostrato in figura 6 A (ma non mancano numerosi esempi in cui il filo veniva ritorto in modo più approssimativo).



Figura 6A

Nel periodo considerato tuttavia era già adoperata anche la fune consistente in più fili zincati avvolti, che poi ha sostituito completamente il filo semplice con l'arrivo del pantografo, fino a quando la stessa è stata a sua volta sostituita dai tiranti sintetici in materiale isolante. L'intestazione delle funi prevedeva anche una bussola e un cuneo come da figura 6 B; non mancano però esempi, durante la trasformazione per il pantografo, di uso di ordinari cavallotti a vite, per esempio in Piazzetta Reale all'uscita del sottopassaggio dell'Arengario (figura 6 C) ma anche altrove (figure 14.2 C e 14.4 B).



Figura 6 B

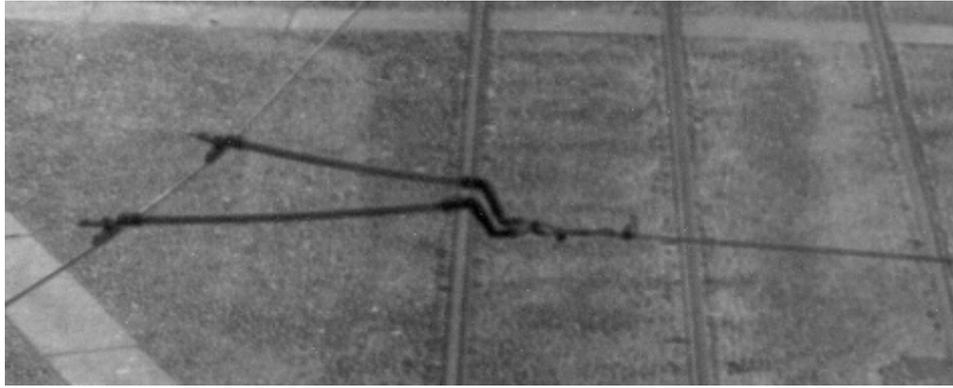


Figura 6 C

La fune avvolta si è comunque sempre vista adoperata per tiranti particolarmente sollecitati, come nel caso del tirante di reazione del ramo deviato degli scambi; più in generale, essa è sicuramente stata usata anche molto tempo prima (esistono fotografie, risalenti alla seconda metà degli anni '40, dove convivono tiranti in filo semplice e fune avvolta).

I tiranti sintetici, le cui prime applicazioni risalgono proprio al periodo in esame, pur richiedendo terminali specifici, hanno poi completamente sostituito i tiranti metallici, rendendo superflui gli isolatori in corrispondenza delle sospensioni e gli isolatori a bozzello (7): con essi si ha un isolamento continuo ben più efficace e sicuro del doppio isolamento, oltre a vantaggi in termini di leggerezza e insensibilità alla corrosione.

7. ISOLATORI PER I TIRANTI TRASVERSALI

7.1 Isolatore a bozzello

Realizzato in porcellana bianca o marrone (figure 7.1 A/B), denominato “bozzella” sugli “Appunti per allievi guidatori tranviari” in uso negli anni '70, era presente su tutti i tiranti per realizzare il doppio isolamento, ovvero la presenza di un tratto di tirante elettricamente neutro, quindi né in tensione né a massa (quest'ultima corrispondente al palo o all'edificio su cui il tirante è ancorato). E' ben evidente la sicurezza che questa configurazione garantiva in caso di contatto accidentale o di caduta di oggetti sull'impianto (dalle case più alte, rami di albero, etc.); se si pensa poi al fatto che il personale addetto agli impianti elettrici lavora, con gli appositi trabattelli, sulla linea in tensione, si capisce bene come il doppio isolamento fosse indispensabile.

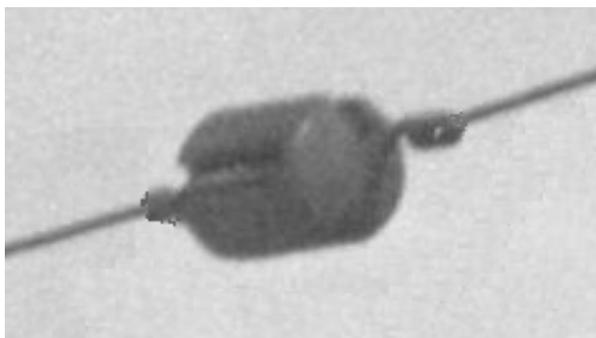


Figura 7.1 A



Figura 7.1 B

L'isolatore veniva posto a una distanza di 1 - 2 metri dalla sospensione del filo di contatto, interrompendo il tirante in corrispondenza; questa era pertanto la lunghezza del tratto neutro (figura 7.1 C).

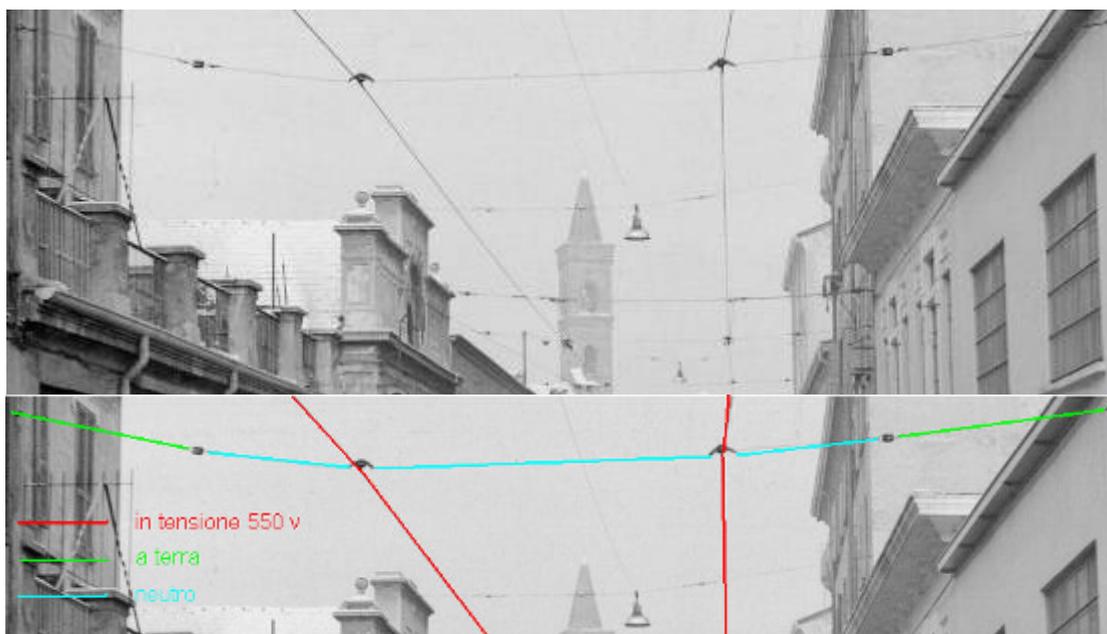


Figura 7.1 C

E' da notare inoltre (si veda qualsiasi fotografia non successiva agli anni cinquanta del secolo scorso) che con le sospensioni più antiche (di cui si accenna al paragrafo 5.5) venivano usati due isolatori a bozzello su ciascun tirante (figura 7.1 D); si può presumere che questa ulteriore sicurezza fosse richiesta da una qualche insufficienza dell'isolatore presente sulla sospensione stessa.

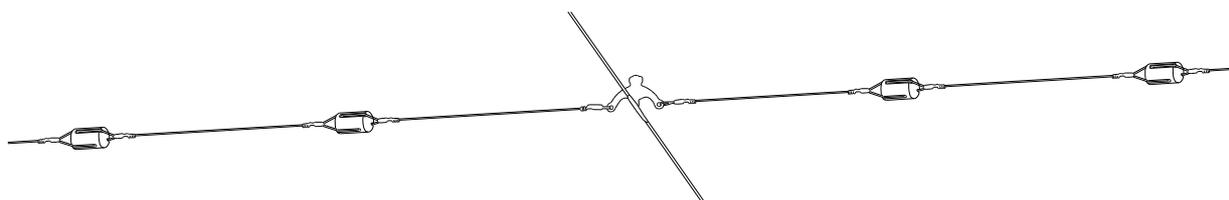


Figura 7.1 D

L'isolatore a bozzello è stato usato anche con l'introduzione delle zampe di ragno per pantografo (14.2), sempre ai fini del doppio isolamento, ed è poi completamente scomparso con l'arrivo dei tiranti isolanti.

7.2. Altri isolatori

Sempre per installazione sui tiranti, esistevano isolatori differenti per quelle applicazioni dove l'isolatore a bozzello non era idoneo: tipicamente, sui tiranti di filo semplice di piccolo diametro adoperati per la regolazione fine dell'assetto degli scambi per rotella (per esempio, figg. 8.2 B, 8.2 E, 14.3.1 B, 14.3.2 A), e per separare il tratto in rame del tirante delle sospensioni equipotenziali dal rimanente tratto di tirante in acciaio (figura 5.4 D); anche in questi casi un ulteriore isolatore a bozzello divideva in due parti il tirante in acciaio, garantendo il doppio isolamento.

7.2.1 Isolatore di vecchio tipo

Secondo alcuni in legno, o in tela bachelizzata, con terminali metallici, figura 7.2.1.



Figura 7.2.1

7.2.2 Isolatore di nuovo tipo

In vetroresina gialla, figura 7.2.2 A.

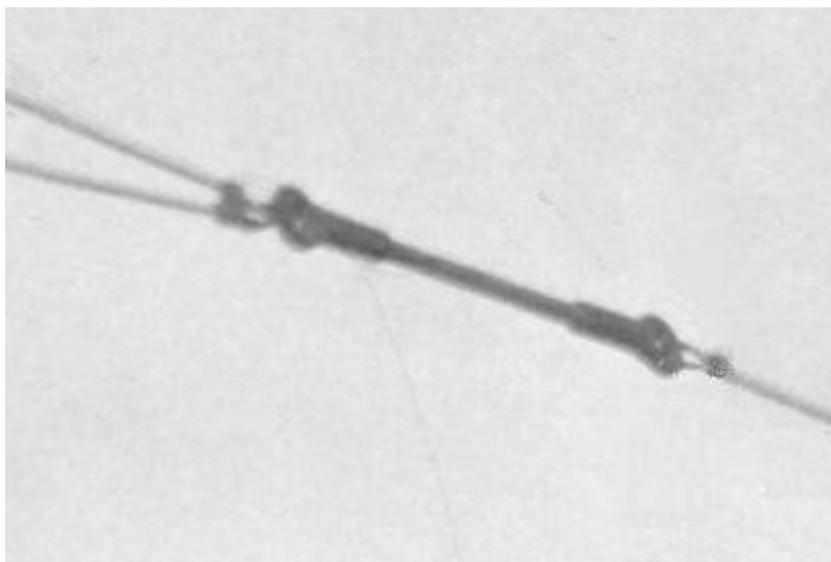


Figura 7.2.2 A

Questi isolatori, come di consueto, sono stati resi superflui dai tiranti isolanti; essi sono però ancora diffusissimi sulle filovie, per unire i due conduttori (figura 7.2.2 B).

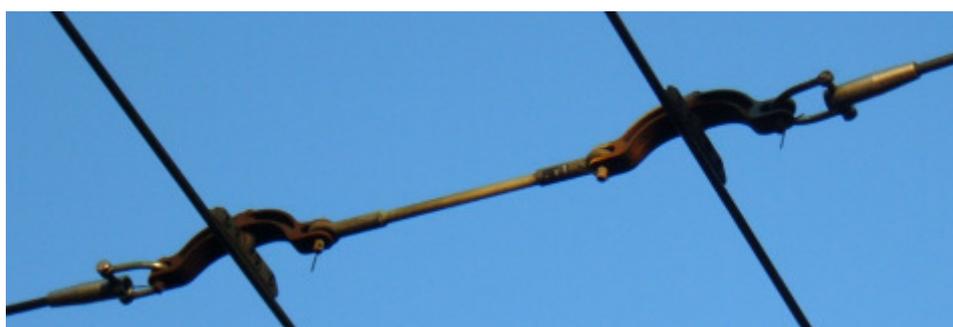


Figura 7.2.2 B

8. SCAMBI E INCROCI

8.1 Generalità

Scambi e incroci erano dispositivi di forma abbastanza complessa, ottenuti tramite fusione in bronzo, ottone o simili, nei quali i fili di contatto in rame delle due linee interessate (retta e deviata) venivano allontanati dalla loro traiettoria idealmente posta su un piano orizzontale, e passavano in tal modo al di sopra del dispositivo stesso, al quale erano vincolati; la rotella veniva pertanto guidata non dal filo, ma dal corpo del dispositivo, opportunamente conformato. La transizione dal filo allo scambio/incrocio, e viceversa, avveniva tramite terminali da ribadire intorno al filo (figura 8.1 A), la cui estremità presentava all'incirca la stessa forma dei morsetti da ribadire (4.1); inoltre questi terminali permettevano, con la particolare conformazione dell'uncino posto all'estremità opposta, la posa in opera dello scambio/incrocio su filo teso (figura 8.1 B). Come si vede, questa operazione implica la piegatura e il sollevamento locale del filo (soggetto ad un tiro di circa 700 kg forza); a tale fine il terminale, allorché viene abbassato sul filo, funge la leva.



Figura 8.1 A

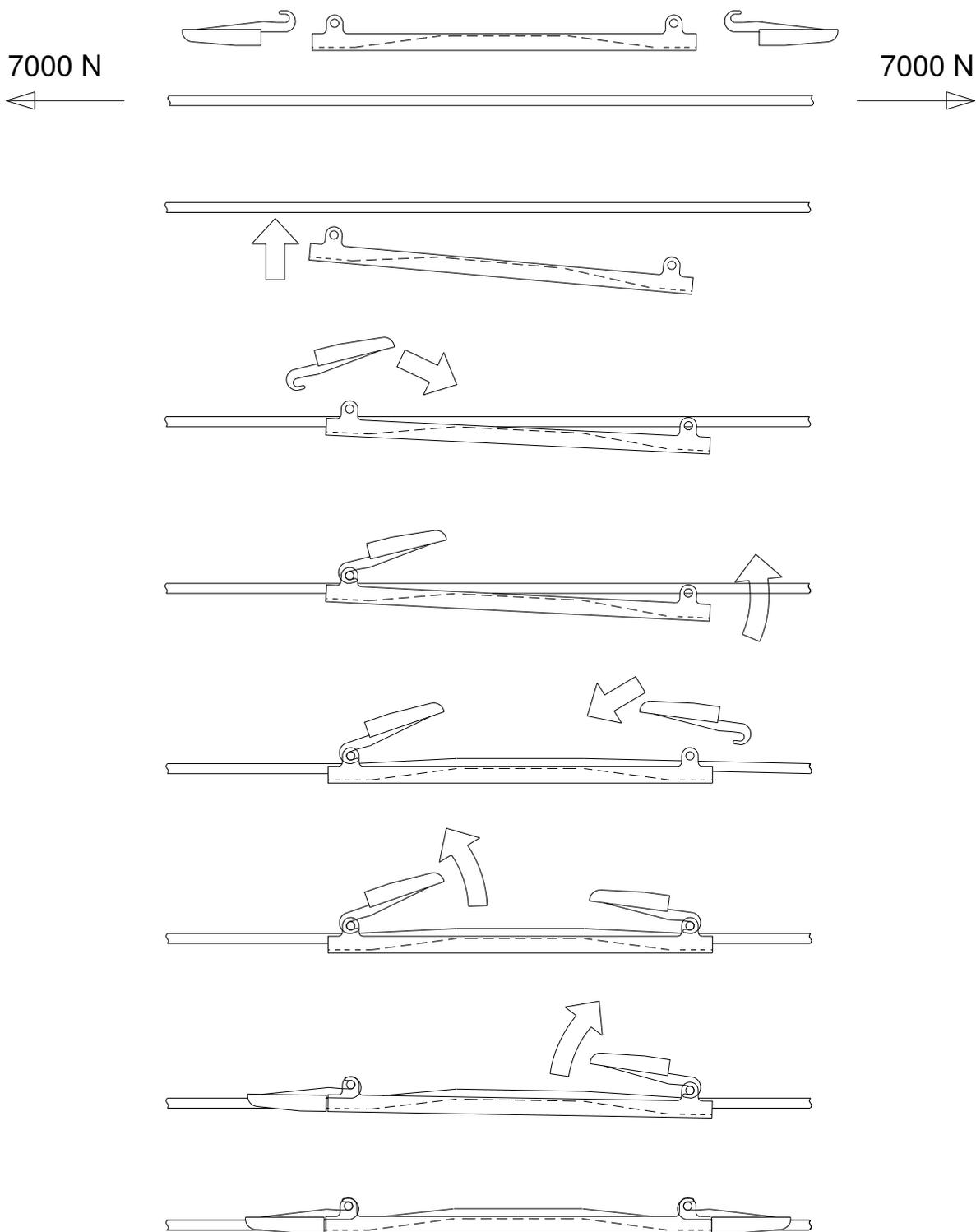


Figura 8.1 B

8.2 Scambio di entrata

Destinato agli scambi che interessano linee divergenti (figura 8.2 A), presentava un'interruzione nella guida della rotella, tale che quest'ultima potesse imboccare l'uno o l'altro ramo a seconda della direzione con cui veniva "tirata" dal trolley; al fine di esaltare questo effetto, lo scambio aereo era installato piuttosto avanti rispetto allo scambio di binario in modo che, al transito della rotella sotto la zona interessata, la posizione del perno della base trolley fosse già marcatamente influenzata dal ramo di

binario imboccato (in figura 8.2 B si vede il differente posizionamento rispetto allo scambio di uscita 8.3).



Figura 8.2 A

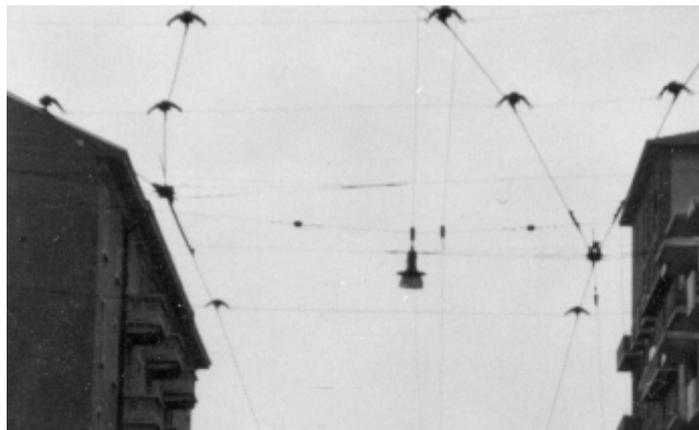


Figura 8.2 B



Figura 8.2 C



Figura 8.2 D

Sul corpo dello scambio erano presenti (figura 8.3 D):

- due morsetti a vite per impedire lo scorrimento dei fili di contatto, uno per il ramo dritto, non interrotto, e uno per il ramo deviato, che invece si attestava sullo scambio; poiché il filo veniva ovviamente troncato con una certa abbondanza oltre il morsetto, la parte eccedente veniva ripiegata a discrezione dell'installatore, formando un caratteristico "ricciolo");
- un semianello fissato con due viti, sul quale si attestava il tirante in acciaio che equilibrava il tiro del ramo deviato della linea di contatto;
- quattro occhioli (due per lato), ricavati direttamente nel corpo dello scambio, sui quali si attestavano i tiranti per la regolazione dell'assetto;

- le estremità conformate per il passaggio del filo in rame e l'ancoraggio, mediante perni con copiglia, dei terminali da ribadire di figura 8.1 A.

Sul filo in ingresso (ante diramazione), il terminale da ribadire non era installato direttamente sullo scambio, ma tramite l'interposizione di un ferro ad "U" della lunghezza di 1 m (figura 8.2 C) o in certi casi di lunghezza maggiore, il quale proteggeva il filo stesso da un'usura precoce che sarebbe stata provocata dall'elevato angolo di attacco tra rotella e filo, a causa del già citato posizionamento spostato verso il cuore dello scambio di binario.

In alcuni casi, quando necessario, su uno dei quattro occhioli dedicati ai tiranti di regolazione, veniva applicata una apposita squadretta a tre fori (figure 8.2 D e 8.2 E), la quale introduceva un braccio tra il tirante interessato ed il piano formato dagli altri tre, e permetteva così di regolare anche l'assetto angolare dello scambio.

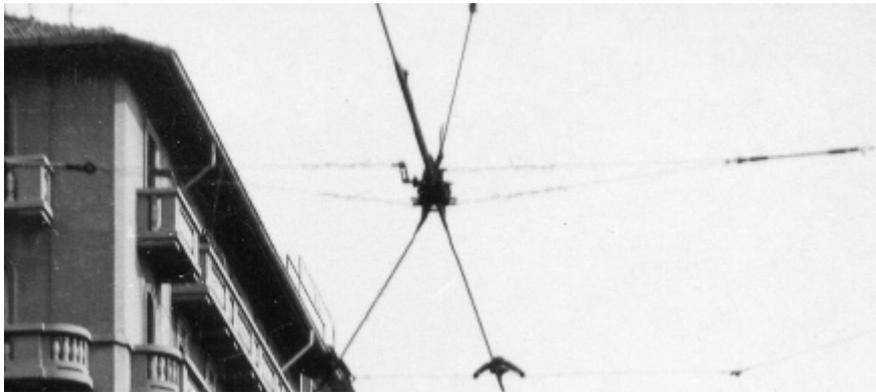


Figura 8.2 E

Infine, in luogo dell'ordinario perno con copiglia che univa il terminale da ribadire di figura 8.1 A al corpo dello scambio, era possibile adoperare un perno speciale (figura 8.2 F) che terminava con un ulteriore occhiolo per i tiranti di regolazione, in aggiunta ai quattro sopracitati (la figura 8.2 A mostra proprio un'applicazione che interessa la coppia più lontana di tiranti, e come si vede gli adiacenti occhioli nel corpo dello scambio sono inutilizzati); questa possibilità è stata poi ampiamente utilizzata per l'aggiunta delle slitte per pantografo di cui si dirà nel capitolo 14.3.



Figura 8.2 F

Presumibilmente, esistevano più versioni corrispondenti a diversi angoli in funzione del raggio della deviata.

8.3 Scambio di uscita

Leggermente diverso (figure 8.3 A/D) dallo scambio di entrata, vale tutto quanto annotato al par. 8.2 con le seguenti differenze:

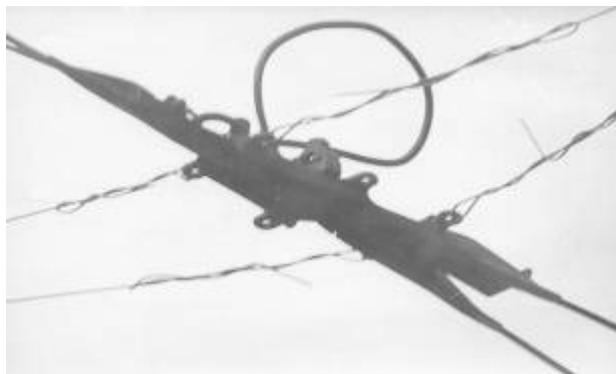


Figura 8.3 A

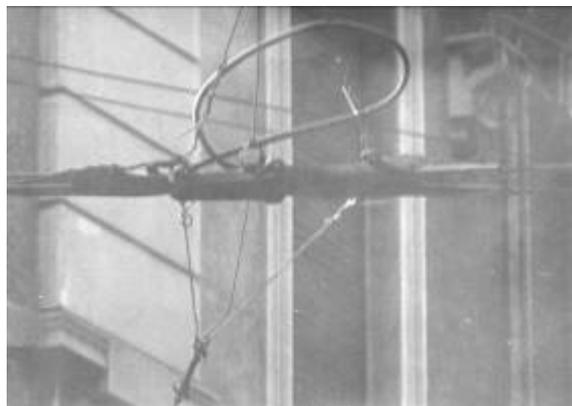


Figura 8.3 B

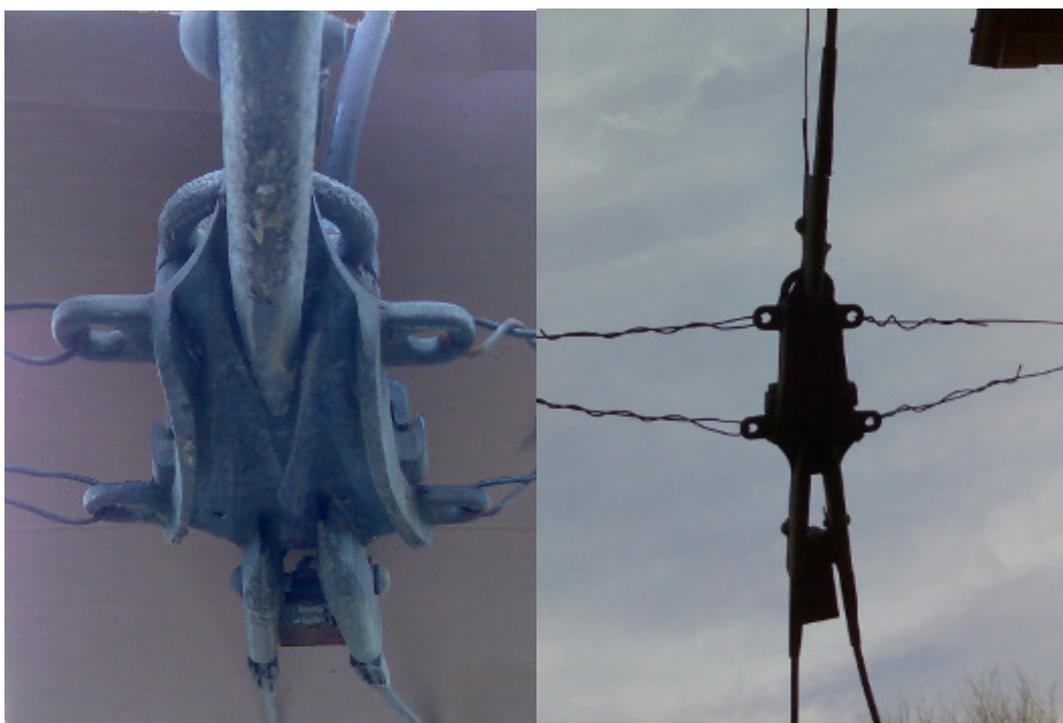


Figura 8.3 C

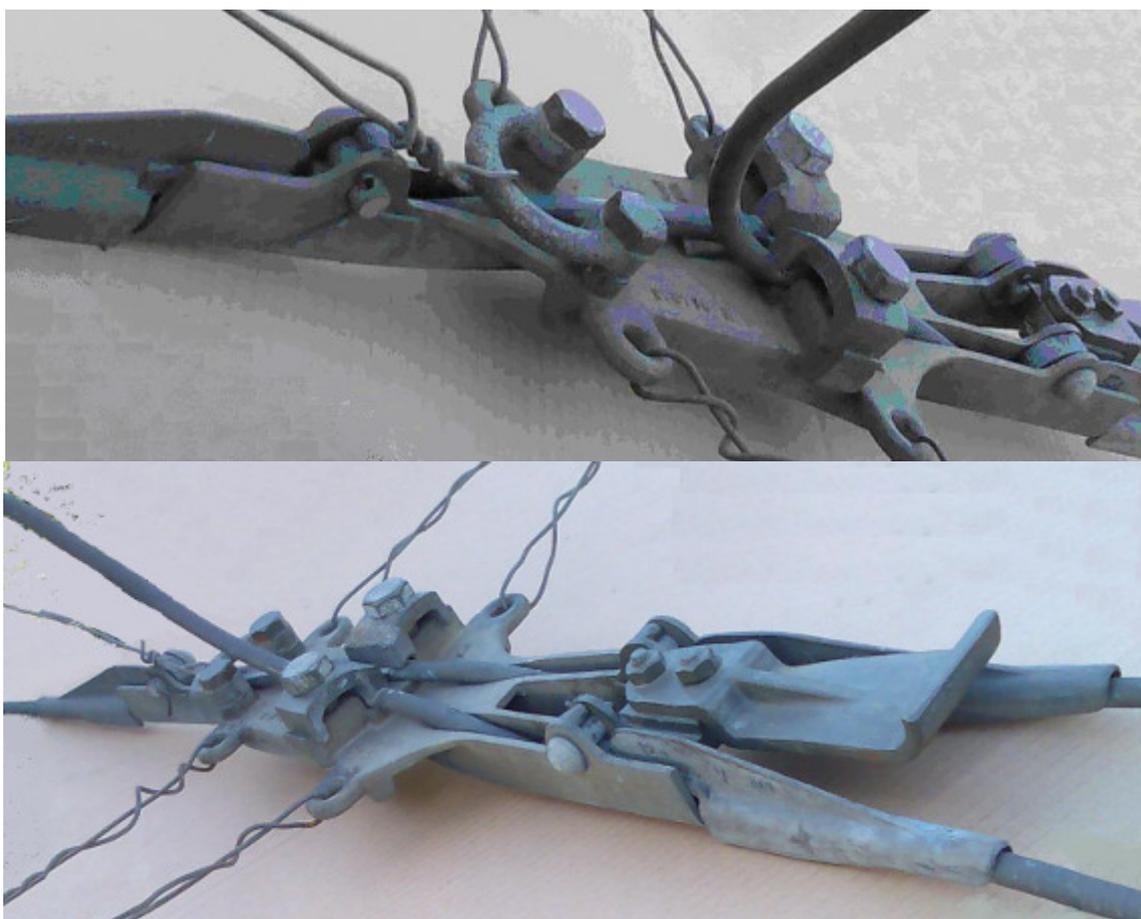


Figura 8.3 D

- lo scambio veniva posto più vicino agli aghi rispetto allo scambio di entrata, non esistendo la necessità di indirizzare la rotella su linee divergenti (figura 8.2 B);
- il ferro a “U” salva-usura per il filo in rame (figura 8.2 C) non era impiegato in quanto non necessario, salvo casi eccezionali;
- esisteva una sorta di robusta aletta di protezione, fissata con due viti nel punto di convergenza delle due linee, la quale, nello sfortunato caso di uno scarrucolamento immediatamente prima dello scambio e con mancato abbassamento del trolley da parte del retriever (vedasi l’appendice D), fungeva da invito alla testa del trolley, che si riportava sotto lo scambio senza incastrarsi nel fondo della “V” formata dai fili convergenti.

8.4 Incrocio fisso

Da fissare sotto il punto di intersezione dei due fili (figure 8.4 A-D), presentava i terminali già descritti ma era privo dei dispositivi tipici degli scambi per il fissaggio dei fili; aveva comunque due occhioli per la regolazione (invece dei quattro presenti sugli scambi), che però venivano utilizzati raramente (figura 8.4 B).

Come per gli scambi, presumibilmente esistevano più versioni corrispondenti a diversi angoli.



Figura 8.4 A



Figura 8.4 B

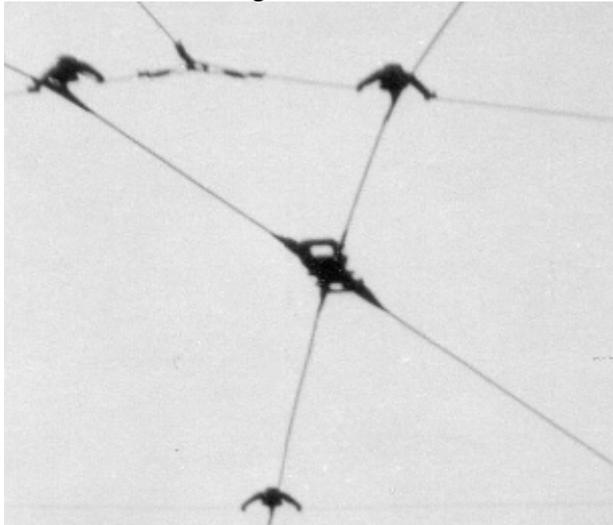


Figura 8.4 C

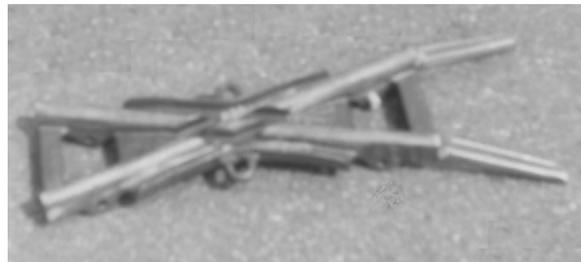


Figura 8.4 D

8.5 Incrocio a gradi variabili

Funzionalmente simile al precedente, non era monolitico ma consisteva in due parti incernierate tra loro, in modo da potersi adattare a qualsiasi angolo compreso tra due valori estremi (figure 8.5 A e 8.5 B). Era molto meno diffuso dell'incrocio fisso (8.4), ed era utilizzato prevalentemente nel caso di incroci con angolo elevato (ad esempio, sui lati Monte Santo e Vittorio Veneto di p.za della Repubblica).



Figura 8.5 A

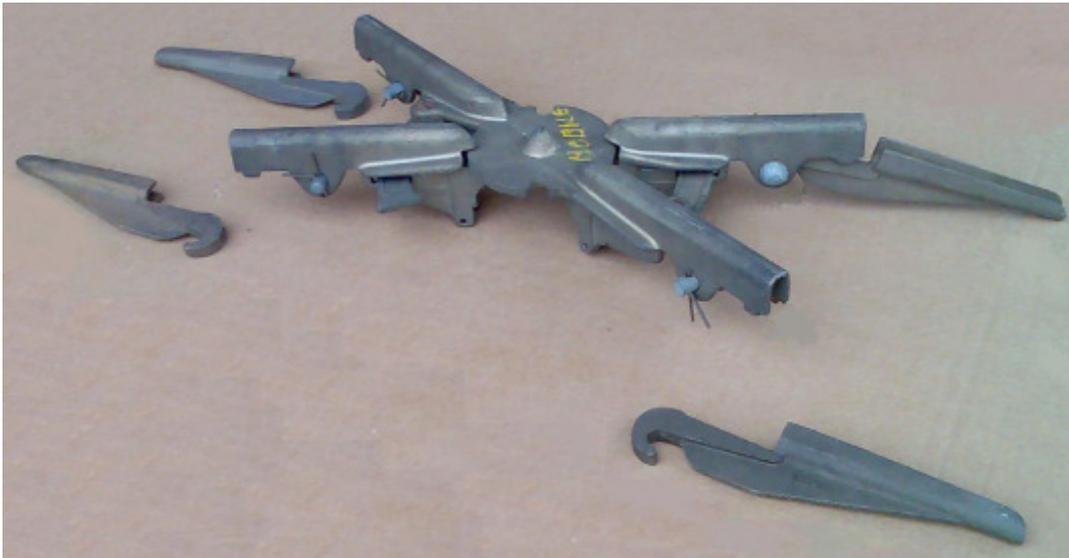


Figura 8.5 B

8.6 Incrocio a 90°

Può essere visto come la versione per le intersezioni perpendicolari dell'incrocio 8.4 (figure 8.6 A e 8.6 B).



Figura 8.6 A



Figura 8.6 B

9. SEPARATORI

Sono utilizzati per separare tra loro zone della rete aerea alimentate separatamente, e sono presenti inoltre nelle intersezioni con le filovie (per la separazione dal filo negativo di queste ultime).

9.1 Separatore ordinario

Questo tipo, adottato (anche oggi) praticamente in tutte le situazioni, è visibile in figura 9.1 A: consiste in una stecca di tela bachelizzata o materiale simile, dotato di morsetti a tre viti a entrambe le estremità per ancorare il filo sagomato, il tutto dimensionato per sopportare il tiro della linea di contatto.

Il separatore è completato da un foro filettato nel punto medio, per il fissaggio di una sospensione (tipo TIBB con isolatore a rocchetto o altri tipi introdotti successivamente) e da attacchi ad entrambe le estremità per un eventuale cavallotto di by-pass (nella stessa figura 9.1 A, è presente il cavallotto, e la sospensione è già quella dei tiranti sintetici).

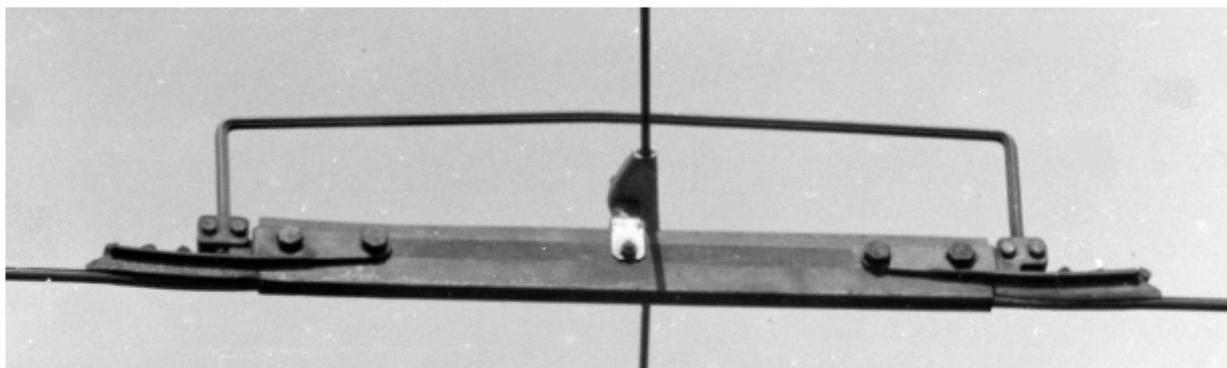


Figura 9.1 A

Il collegamento con i cavi provenienti dalla sottostazione, in corrispondenza del relativo coltello sezionatore posto su palo, viene realizzato direttamente sul filo, tramite morsetti 4.5 (figura 9.1 B).



Figura 9.1 B (p.za Bazzi)

9.2 Altri separatori

Prima del passaggio al pantografo era pure usato, anche se piuttosto raramente, il separatore tipo Caravelle (nome e grafia da prendersi con beneficio del dubbio, in quanto appreso solo verbalmente), di derivazione filoviaria (figure 9.2 A/D).



Figura 9.2 A (v. Tito Livio)

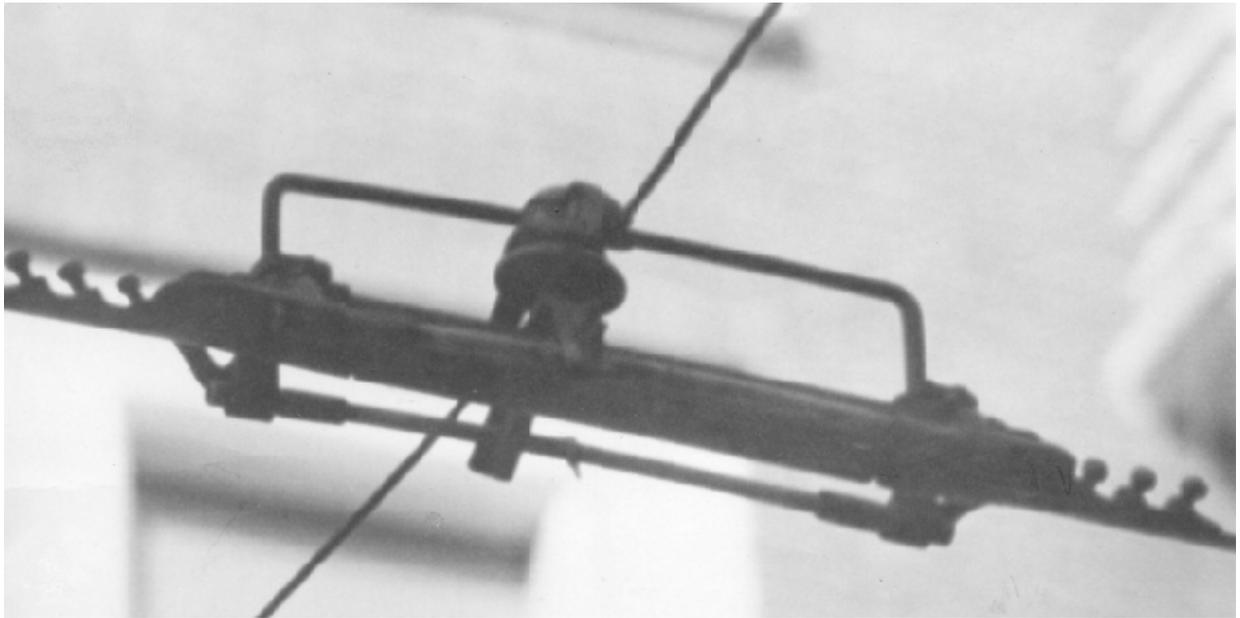


Figura 9.2 B



Figura 9.2 C



Figura 9.2 D

10. INCROCIO TRA TRANVIE E FILOVIE

Era formata da due corpi (incrocio vero e proprio tra filo tranviario e filo filoviario) opportunamente conformati, e da due sezionatori simili a quelli citati in (9.1) montati in modo da isolare il filo negativo della filovia dal filo tranviario; tra quest'ultimo ed il filo positivo della filovia vi era ovviamente continuità metallica. Il tutto era completato da un cavo, montato al di sopra con un'apposita colonnetta isolante, che collegava i tratti a monte e a valle (altrimenti separati) del filo tranviario.

Come ben si vede, la lunghezza del tratto privo di alimentazione per il tram era notevole, mentre il filobus non vedeva interruzioni di sorta (con gli incroci per pantografo i ruoli si invertiranno).

Esistevano versioni per incroci a 90° (figura 10 A/B) e incroci di angoli differenti (figura 10 C/D).

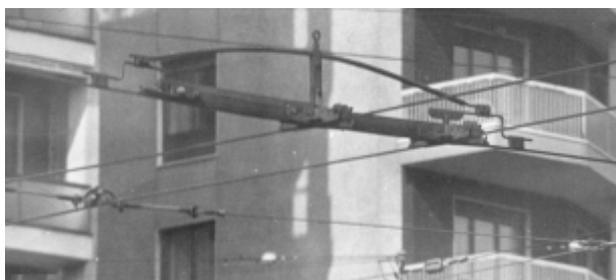


Figura 10 A

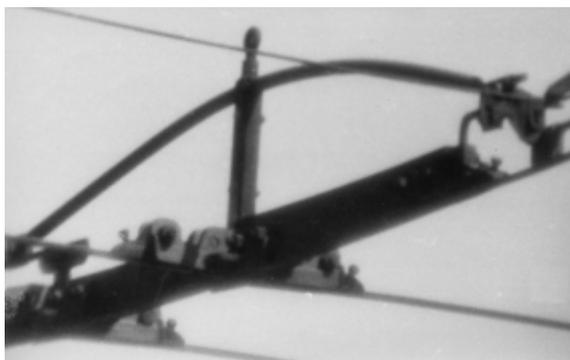


Figura 10 B

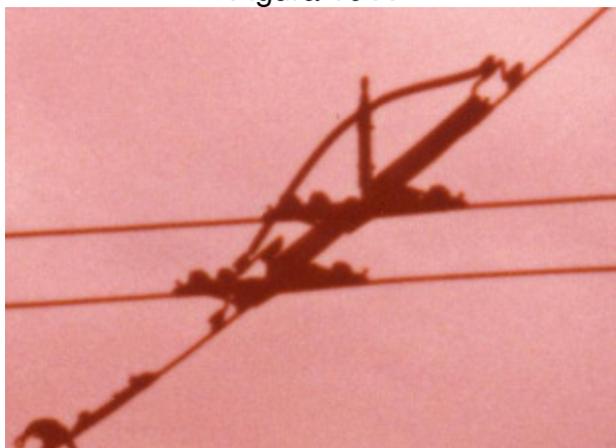


Figura 10 C (p. Dateo)



Figura 10 D (p. Dateo)

11 GIUNTI

11.1 Giunto a scatola con cannotto salvagiunta

E' mostrato in figura 11.1 A. La scatola (figura 11.1 B) era un manicotto in cui le due estremità da giuntare venivano inserite e bloccate con cunei; il tutto veniva protetto dal cannotto (figura 11.1 C), ovvero un ferro ad "U" installato con i consueti terminali di figura 8.1 A.

Come ben si vede, era utilizzabile sia con filo liscio che con filo sagomato.



Figura 11.1 A (capolinea Ortica)



Figura 11.1 B



Figura 11.1 C

11.2 Ferro di rottura

Veniva adoperato (figure 11.2 A, C) in caso di rottura del filo di contatto, ovvero quando il normale giunto 11.1 non era impiegabile in quanto non vi era sovrapposizione dei due tronconi del filo. Questi ultimi venivano bloccati con appositi cunei, forzati tra il filo e una chiavetta sagomata (figura 11.2 D/E).

In qualche caso i due tronconi di filo venivano elettricamente collegati con uno spezzone, sempre di filo di rame (figura 11.2 B).

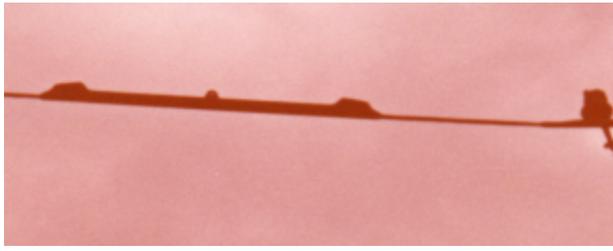


Figura 11.2 A

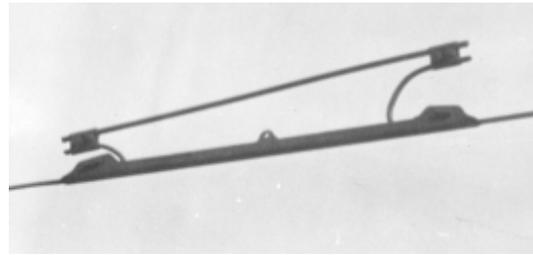


Figura 11.2 B



Figura 11.2 C



Figura 11.2 D



Figura 11.2 E

11.3 Giunto a vite

Per completezza, anche se introdotto con la trasformazione della linea per il pantografo, si ricorda anche il giunto a sei viti (fig. 11.3), ovviamente applicabile solo su filo sagomato. Esso è ancora oggi in uso, anche se affiancato da altri tipi.



Figura 11.3

12. CONTATTI PER IL COMANDO DEGLI SCAMBI

12.1 Generalità

Il comando degli scambi (di entrata, essendo quelli di uscita tallonabili) per mezzo della corrente prelevata dalla linea di contatto, oggi ancora in uso (in quanto sostituito dal comando a radiofrequenza solo su parte degli scambi), prevede un contatto sulla linea aerea, isolato dalla linea stessa.

Lo schema teorico di funzionamento (indicativo, ricavato dagli “Allegati agli appunti per allievi guidatori tranviari” in uso negli anni '70) è mostrato in figura 12; bisogna premettere che la bobina di comando dello scambio, posta nella cassetta a lato della punta degli aghi³ sul lato opposto alla deviata e alimentata da un solo cavo positivo, è configurata in modo da spostare gli aghi, quale che sia la posizione di partenza, nella posizione opposta. Se il contatto isolato viene percorso in “coasting” (marcia per inerzia), il circuito di alimentazione della bobina dello scambio rimane aperto; di contro se il contatto viene percorso dando corrente ai motori nella prima posizione di serie, il circuito viene chiuso dalla motrice attraverso i motori di trazione e le resistenze di avviamento, con una corrente di 25 – 30 A, per quella frazione di secondo sufficiente al movimento degli aghi.

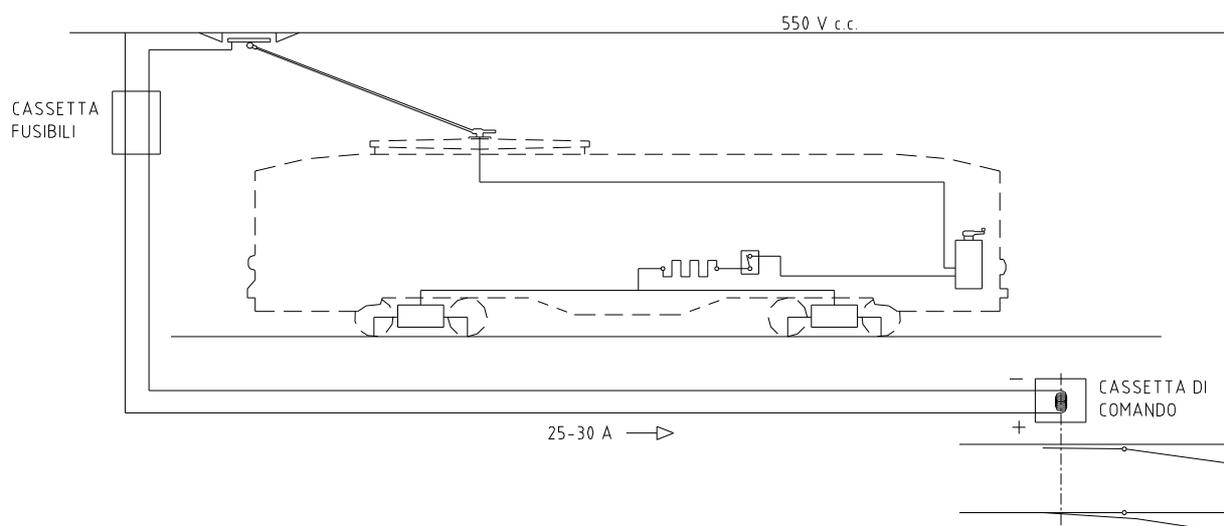


Figura 12

³ Più spesso denominati lame nell'ambito tranviario

12.2 Contatto tranviario

Visibile in figura 12.2 A e 12.2 B, viene serrato intorno al filo di contatto mediante quattro viti che uniscono tra loro le due metà in cui sono divise le estremità metalliche (figura 12.2 C); pertanto può essere installato anche su filo liscio (non sagomato). Al centro presenta due viti per il collegamento elettrico (rispettivamente alla linea di contatto e al settore isolato) e l'usuale foro filettato 5/8 Withworth per il montaggio abbinato ad una sospensione, oppure per un semplice isolatore (5.1) che funge da supporto per i cavi che terminano sulle suddette viti.

Questo contatto, di cui l'esemplare in figura 12.2 B/C risulta fabbricato nel 1962, è stato sostituito pressoché totalmente dal tipo 12.3 ben prima del 1976; l'unico caso in cui esso è stato visto in opera nel periodo di riferimento (fino al 1978) era costituito dal capolinea di via Monte Velino (figura 12.2 D).

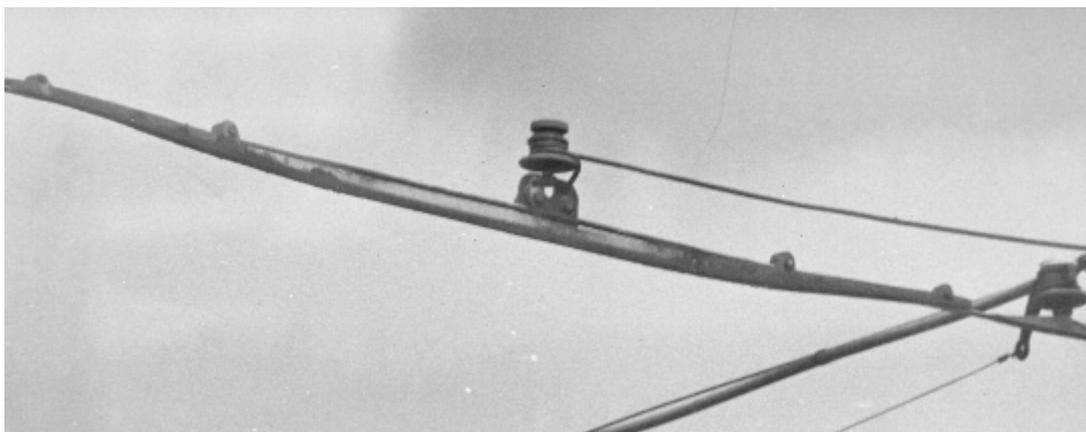


figura 12.2 A (capolinea v. Monte Velino)



figura 12.2 B



figura 12.2 C



figura 12.2 D (capolinea v. Monte Velino)

12.3 Contatto di derivazione filoviaria

Di uso pressoché generalizzato nel periodo di riferimento 1976-1978 (cfr. 12.2), si fissava sul filo sagomato (figura 12.3 A/C) per mezzo di due morsetti. Anch'esso presentava l'attacco centrale con filettatura 5/8 Withworth per l'isolatore e l'eventuale sospensione.

Dopo il passaggio al pantografo, esso è rimasto in uso sulla rete filoviaria.



Figura 12.3 A



Figura 12.3 B



Figura 12.3 C (capolinea Roserio)

12.4 Cartello di avviso per scambio automatico

Era appeso al tirante trasversale più vicino al contatto isolato e recava il simbolo di scambio automatico sul lato visibile al manovratore in avvicinamento, ed il numero dello scambio stesso sul lato opposto.

Il tipo che, arbitrariamente, definiamo "vecchio", sopravvissuto in pochissimi esemplari fino al 1978, è visibile nelle figure 12.4 A/B, ed è inoltre ancora oggi riportato sulla decalcomania "Segnalazioni tranviarie e stradali" posta sul portavelette anteriore di molte vetture 1928 (figura 12.4 C); il tipo "nuovo", introdotto in sostituzione del precedente, è mostrato nelle figure 12.2 D, 12.3 C e 14.3.6 C. Questo ultimo tipo è tuttora impiegato, anche se in una versione di dimensioni ridotte.



Figura 12.4 A (via d. Scipioni)



Figura 12.4 B (p.za Repubblica)



Figura 12.4 C (portavelette frontale vettura 1546)

12.5 Altre osservazioni

In caso di fermata accidentale con la testa del trolley sotto il contatto (per imperizia del manovratore o per cause viabilistiche), generalmente una motrice non poteva più proseguire, non essendo l'alimentazione ai motori, in serie alla bobina dello scambio, sufficiente per lo spunto da fermo; il rimedio consisteva di solito nell'attendere la vettura successiva e farsi spingere, per una frazione di metro, oltre la zona isolata. A tale proposito, anticipando un argomento del capitolo 14 e le ulteriori osservazioni in appendice, è d'uopo ricordare che, sulle linee attrezzate per il solo pantografo e prima che il trolley fosse rimosso (luglio 1978), il manovratore a volte alzava anche il trolley

(in aggiunta al pantografo) per spostarsi fino a che il pantografo ritornava in contatto con la linea.

13. CONTATTI PER IL COMANDO DEI SEMAFORI

13.1 Contatto per rotella

Visibile nelle figure 13.1 A/D, come si vede esisteva in più versioni leggermente diverse tra loro, che comunque avevano in comune i contatti veri e propri, realizzati con due lamine flessibili in acciaio inossidabile (collegate con lamine in acciaio armonico scorrevoli alle estremità, fig. 13.1 C), tra le quali transitava la rotella che le metteva in contatto tra loro e con il filo in rame.

Tra il personale addetto agli impianti elettrici era soprannominato “violino”, ed era fissato al filo di contatto con due morsetti (da ribadire (4.1) nelle figg. 13.1 A/B, a 4 viti (4.2) nelle figg. 13.1 C/D).



Figura 13.1 A (v. Benefattori Ospedale – Niguarda)

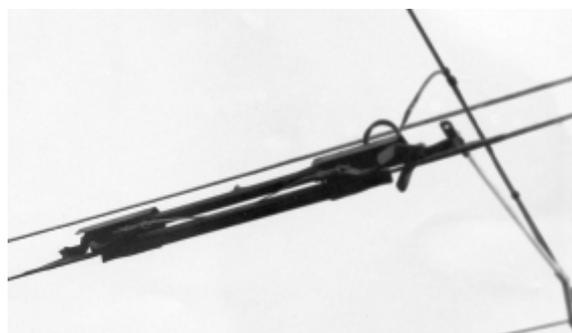


Figura 13.1 B (v. Benefattori Ospedale – Niguarda)



Figura 13.1 C



Figura 13.1 D

13.2 Contatto per pantografo e rotella

Introdotta con la trasformazione della linea per il pantografo (figura 13.2) e contraddistinta dall'involucro di colore giallo, rimase poi in esercizio per il solo pantografo. Oggi è stata a sua volta sostituita da più moderni dispositivi privi di contatti striscianti.



Figura 13.2 (v. Cesare da Sesto)

14. LA TRASFORMAZIONE DELLA LINEA PER IL PANTOGRAFO

14.1 La trasformazione temporanea dei supporti in rettilineo

L'adattamento della linea di contatto in rettilineo, attrezzata con:

- sospensione TIBB (5.2.1) o , molto più raramente, con sospensione (5.3)
- isolatore a rocchetto (5.1)
- morsetto da ribadire (4.1)

veniva attuato attraverso le seguenti fasi:

1. apertura del collare della sospensione, estrazione dell'isolatore e svitamento di quest'ultimo dal morsetto;
2. apertura dei lembi ribattuti del morsetto tramite martello e scalpello e rimozione del morsetto (non più utilizzato);
3. traslazione della sospensione lungo il tirante trasversale in acciaio (a colpi di martello nel caso della sospensione TIBB) della quantità necessaria per ottenere la poligonazione della linea di contatto;
4. giratura di 180° della sospensione TIBB intorno al tirante, la quale si ritrovava quindi con la concavità verso l'alto;
5. Reinstallazione dell'isolatore, sul cui prigioniero filettate veniva avvitato un nuovo elemento terminante con un occhiolo nella parte inferiore;
6. inserimento, nell'occhiolo di cui sopra, del nuovo cavallotto triangolare (fatto con lo stesso filo in rame della linea di contatto) e fissaggio delle estremità dello stesso alla linea di contatto mediante due morsetti (4.5).

Il risultato della sequenza descritta si vede in figura 14.1.

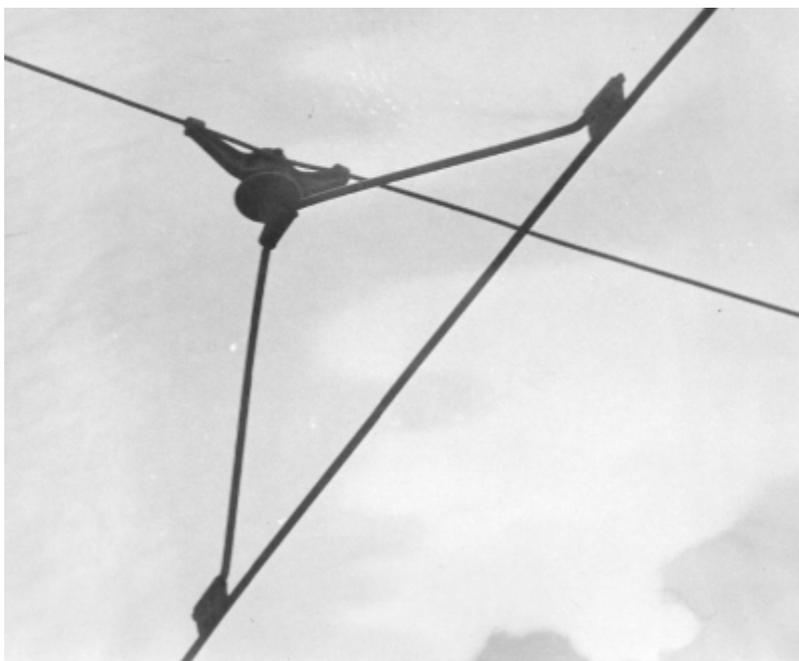


Figura 14.1

In merito al motivo per cui è stato introdotto il cavallotto, anziché fissare la sospensione TIBB capovolta direttamente⁴ al filo di contatto, si può ipotizzare il miglioramento e la maggiore uniformità dell'elasticità del sistema, non avendosi masse concentrate collegate al filo.

La soluzione con cavallotto è ancora oggi di uso generalizzato sui rettilinei, salvo la sostituzione, completata negli anni '80, della sospensione TIBB con le sospensioni per i tiranti sintetici.

14.2 La modifica delle curve

A differenza del rettilineo, la linea di contatto in curva veniva integralmente rifatta, conservando solo il filo di contatto (a parte i rari casi in cui il filo era liscio, che vedevano ovviamente la sostituzione con filo sagomato) e sostituendo completamente i tiranti e supporti. Le sospensioni TIBB (5.2.2 e 5.2.3) con morsetti da ribadire (4.1) venivano rimosse e sostituite con le "zampe di ragno" in vetroresina gialla con terminali metallici (figura 14.2 A) e con i nuovi morsetti a quattro viti (4.2), così come per i tiranti veniva sempre utilizzata la fune avvolta (cfr. capitolo 6).

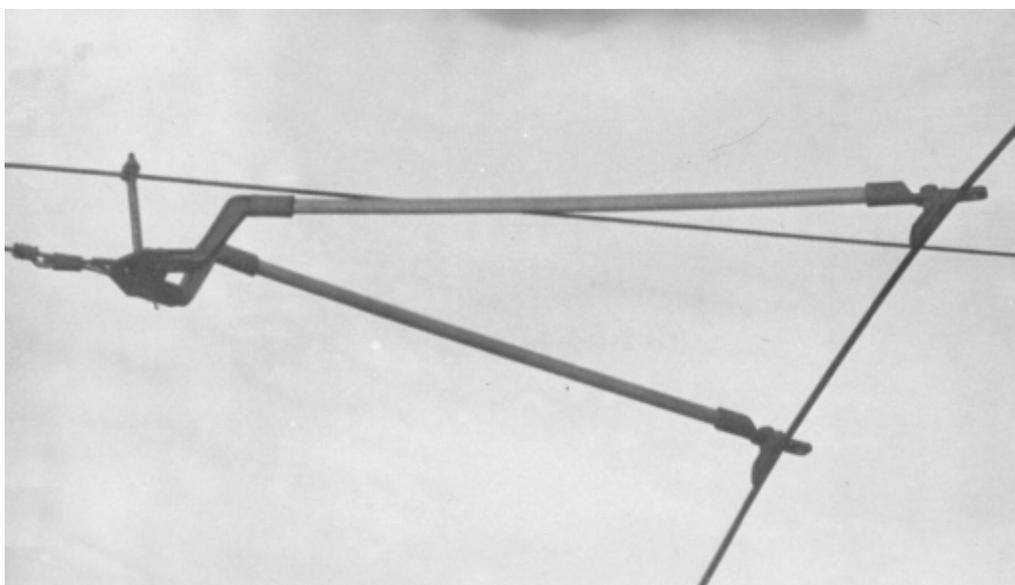


Figura 14.2 A

Il passo delle nuove sospensioni era maggiore di quello delle vecchie, evidentemente per assicurare la poligonazione anche sulle curve, le quali potevano comunque essere percorse anche con il trolley, fino a che durò l'esercizio promiscuo con le due prese di corrente (figura 14.2 B); il maggior passo, e quindi il maggior carico sui singoli tiranti, rende anche comprensibile l'adozione sistematica della robusta fune avvolta al luogo dei sottili tiranti in filo semplice.

Come anticipato al paragrafo 7.1, veniva comunque ancora utilizzato l'isolatore a bozzello per interrompere la continuità dei nuovi tiranti e garantire il doppio isolamento.

⁴ soluzione adottata in rari casi in prossimità di curve o scambi; un'altra variante molto rara, sempre adottata vicino a curve o scambi, utilizzava un breve spezzone rettilineo in luogo del cavallotto triangolare.



Figura 14.2 B (capolinea v. Console Marcello – vettura 1947 – 17.5.77)

Le “zampe di ragno” sono usate anche oggi, anche se abbinata ai tiranti sintetici e ai morsetti ferroviari (4.4).

Si ricorda da ultimo che agli albori della trasformazione, veniva utilizzato anche un diverso tipo di sospensione per curva, leggermente diverso dalla “zampa di ragno” anche se morfologicamente simile; di impiego comunque limitato⁵, è oggi completamente scomparso (figura 14.2 C; si veda anche la figura A23 nell’appendice A).

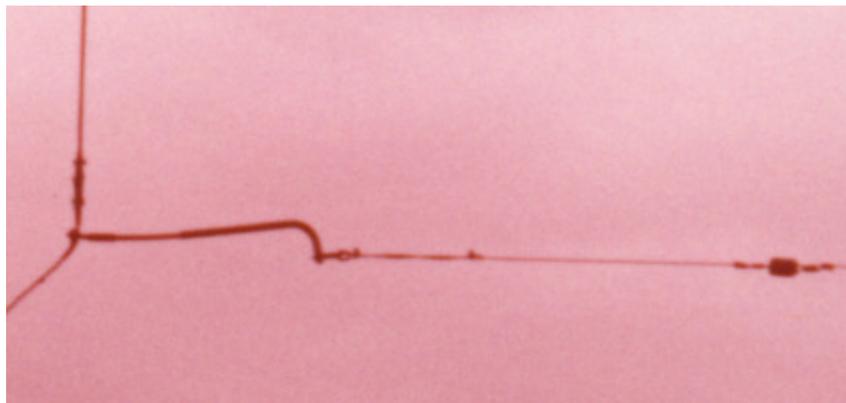


Figura 14.2 C

14.3 L’attrezzaggio di scambi, incroci, sezionatori, etc. per uso promiscuo di trolley e pantografo

La necessità di poter percorrere la linea, durante il periodo di transizione, sia con trolley che con pantografo, imponeva la conservazione di parte dei dispositivi descritti

⁵ Come tipico esempio, sull’anello formato dalle vie Ponzio, Pacini e Ampere allestito negli anni settanta per la prova dei primi pantografi.

ai capitoli 8, 9, 10, 12 e, contemporaneamente, richiedeva che anche l'archetto del pantografo potesse transitare sotto di essi senza inconvenienti.

La cosa fu semplicemente risolta applicando opportune "slitte" realizzate con lo stesso filo di rame della linea di contatto, strisciando sotto le quali l'archetto del pantografo non entrava in contatto con i dispositivi anzidetti pur mantenendo il contatto elettrico, mentre la rotella del trolley non ne veniva affatto influenzata.

In generale, va notato che, dove le slitte venivano fissate direttamente sul filo di contatto tramite piattini a due o tre fori di varia lunghezza e morsetti, questi ultimi erano sempre:

- sul filo di contatto, del tipo 4.2 o più raramente 4.3 (in quanto compatibili con la rotella, cfr. relativi paragrafi);
- sulla slitta, del tipo 4.3 o 4.4, mentre il tipo 4.2 era adottato eccezionalmente (per non dire per errore): infatti la slitta, essendo interessata al contatto con il solo archetto del pantografo, non richiedeva compatibilità con la rotella e, quand'anche non si adottava il tipo 4.4 per solo pantografo, la scelta cadeva sul tipo 4.3 a due viti, sufficiente quanto a tenuta meccanica.

I dispositivi per trolley con la relativa slitta di protezione sono scomparsi dalla rete urbana nel 1978 (trasformazione della linea 23), ad eccezione del tratto urbano delle tranvie della Brianza, del relativo capolinea in via Valtellina e del percorso che collegava quest'ultimo con il deposito di via Messina (lungo via Farini, P.le Baiamonti, via Ceresio, p.le Cimitero Monumentale, via Procaccini, via Messina), dove invece sono rimasti fino al 1986.

14.3.1 Slitte per scambi di entrata

Venivano fissate al corpo dello scambio tramite due dei quattro occhioli altrimenti destinati ai tiranti di regolazione, e ai fili di contatto come illustrato nelle figure 14.3.1 A/C.

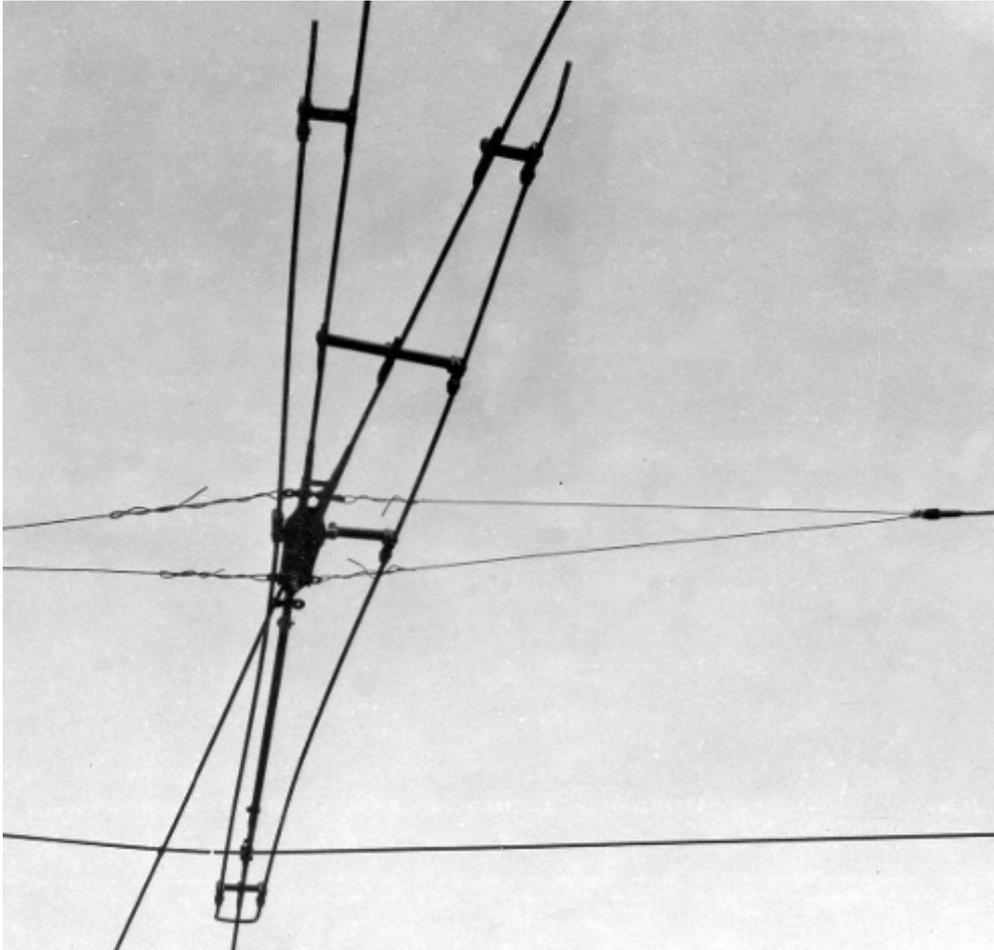


Figura 14.3.1 A (p. Cadorna - morsetti 4.2 sul filo di contatto, 4.4 sulla slitta)

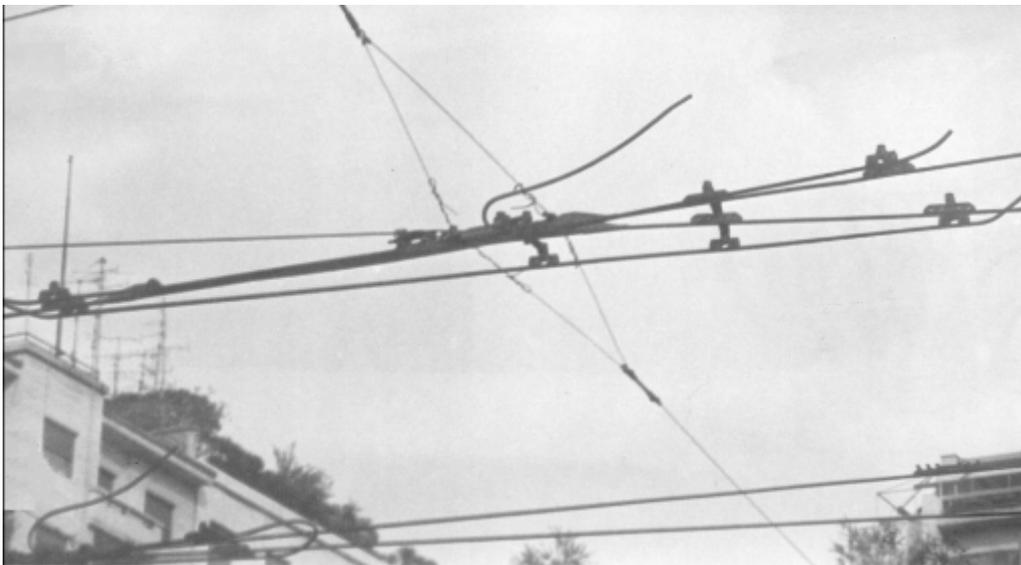


Figura 14.3.1 B (morsetti 4.2 sul filo di contatto, 4.4 sulla slitta)

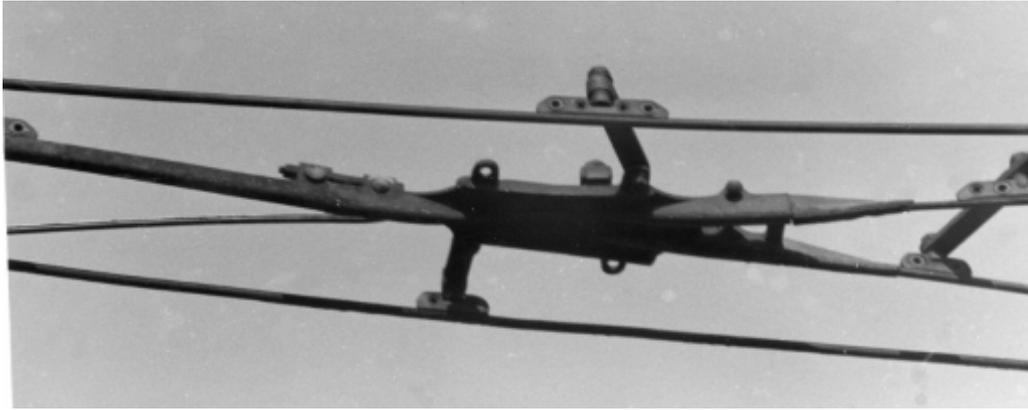


Figura 14.3.1 C (v. Messina diramazione per cantiere armamento - morsetti 4.2 sul filo di contatto, 4.3 sulla slitta)

Bisogna notare che i tiranti di regolazione, non potendo più attestarsi su tutti i quattro occhioli del corpo scambio, utilizzavano in sostituzione gli occhioli dei perni speciali già citati in 8.2 (figura 8.2 F) applicati in corrispondenza dei terminali da ribadire (figura 8.1 A) o del ferro di usura (figura 8.2 C): questa possibilità è stata sfruttata nei casi di cui alle figure 14.3.1 A e B, ma non nel caso di figura 14.3.1 C, raro esempio dove i tiranti di regolazione sono assenti.

14.3.2 Slitte per scambi di uscita

In tutto simili alle precedenti ma più corte e con l'estremità "chiusa" rivolta per sicurezza verso il pantografo in ingresso, sono illustrate nelle figure 14.3.2 A/B; valgono le stesse considerazioni sull'uso degli occhioli e sull'attestazione dei tiranti di regolazione.

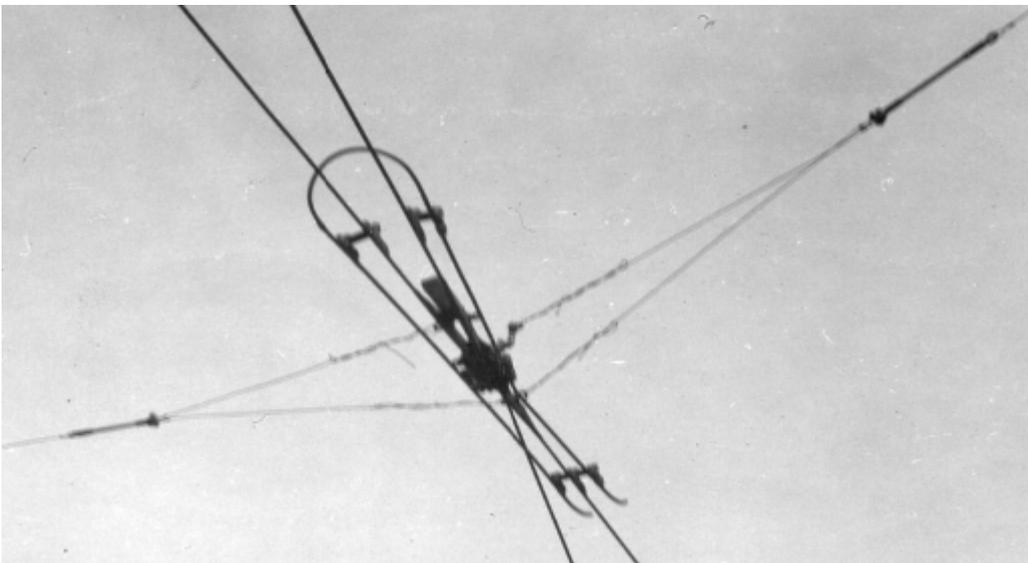


Figura 14.3.2 A (p. Cadorna - morsetti 4.2 sul filo di contatto, 4.3 o 4.4 sulla slitta)

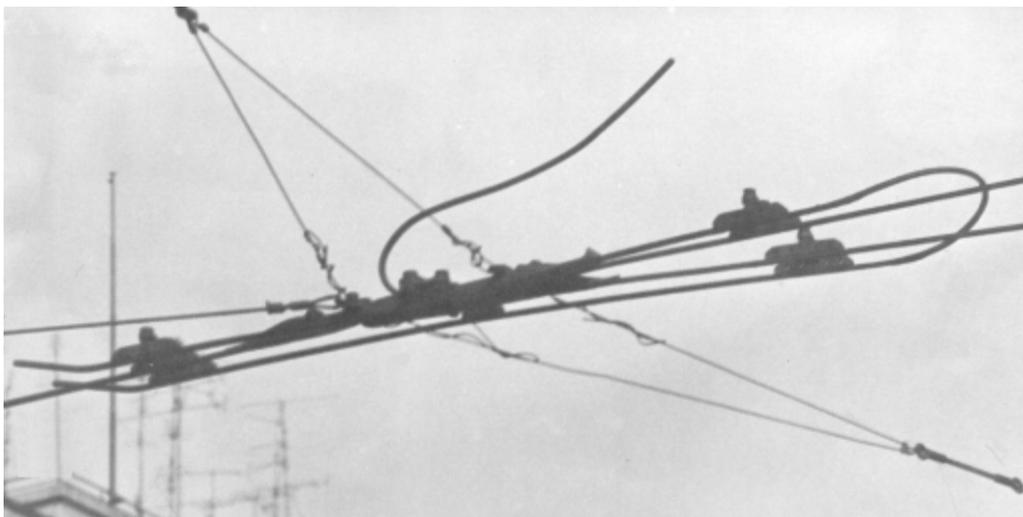


Figura 14.3.2 B (morsetti 4.2 sul filo di contatto, 4.2 anche sulla slitta: caso eccezionale)

14.3.3 Slitte per incroci

Erano fissate solo al filo di contatto, su due lati dell'incrocio (figura 14.3.3 A) per gli incroci fissi (8.4) caratterizzati da un piccolo angolo, o sui quattro lati per gli incroci a gradi variabili (8.5) ad angolo elevato (figura 14.3.3 B) e per gli incroci (8.6) a 90° (figura 14.3.3 C).



Figura 14.3.3 A



Figura 14.3.3 B

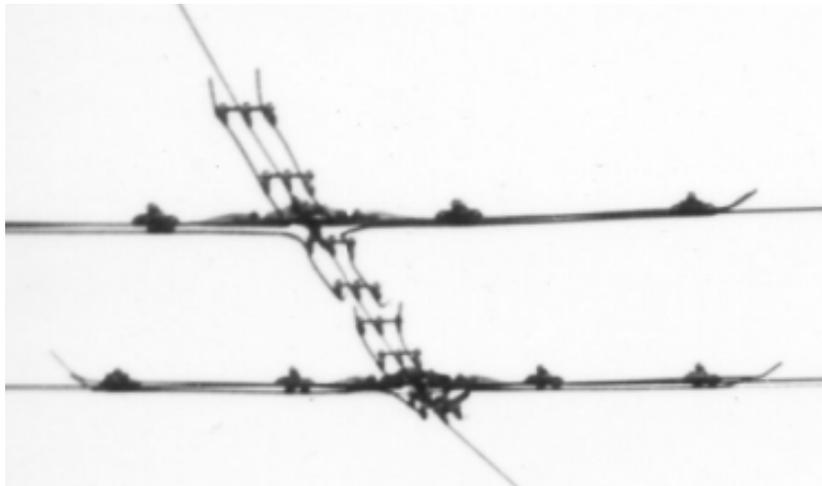


Figura 14.3.3 C

14.3.4 Slitte per separatori

Per i separatori ordinari (9.1), erano fissate, sul solo lato di ingresso, al filo e al separatore stesso (figura 14.3.4); va comunque ricordato che molti separatori furono utilizzati con il pantografo pur senza ricevere alcuna slitta.

Il separatore tipo Caravelle (9.2), per sua forma incompatibile con il pantografo, è stato sostituito con il separatore ordinario.



Figura 14.3.4

14.3.5 Slitte per incroci con filovie

In questo caso l'introduzione delle slitte è stata accompagnata da una pesante riconfigurazione dell'incrocio rispetto a quanto descritto al capitolo 10, con l'aggiunta di ulteriori sezionatori necessaria per evitare che la slitta provochi il corto circuito tra i due conduttori filoviari. A seguito di ciò, e diversamente da quanto evidenziato al cap. 10, ne è nata una zona priva di alimentazione anche per il filobus.

Sfortunatamente, chi scrive non dispone di immagini relative a questa soluzione, all'infuori di uno schizzo fatto all'epoca che si riporta in figura 14.3.5.

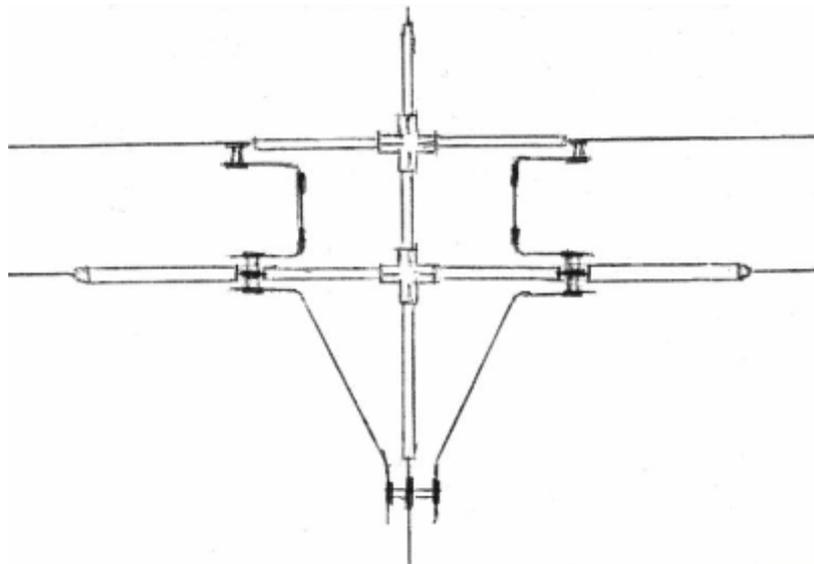


Figura 14.3.5

14.3.6 Slitte per i contatti comando scambi

Applicate solo ai contatti di derivazione filoviaria (12.3), che erano gli unici rimasti in opera (cfr, paragrafo 12.2), se ne vede un esempio in figura 14.3.6 A. Si deve subito aggiungere che, contemporaneamente, veniva installata (figura 14.3.6 B) una seconda slitta, isolata e spostata rispetto alla prima della distanza tra testa del trolley ed archetto del pantografo, che diventava il nuovo contatto (successivamente rimasto

in opera da solo) per il comando degli scambi da parte delle vetture funzionanti a pantografo; l'insieme appariva come in figura 14.3.6 C).



Figura 14.3.6 A



Figura 14.3.6 B

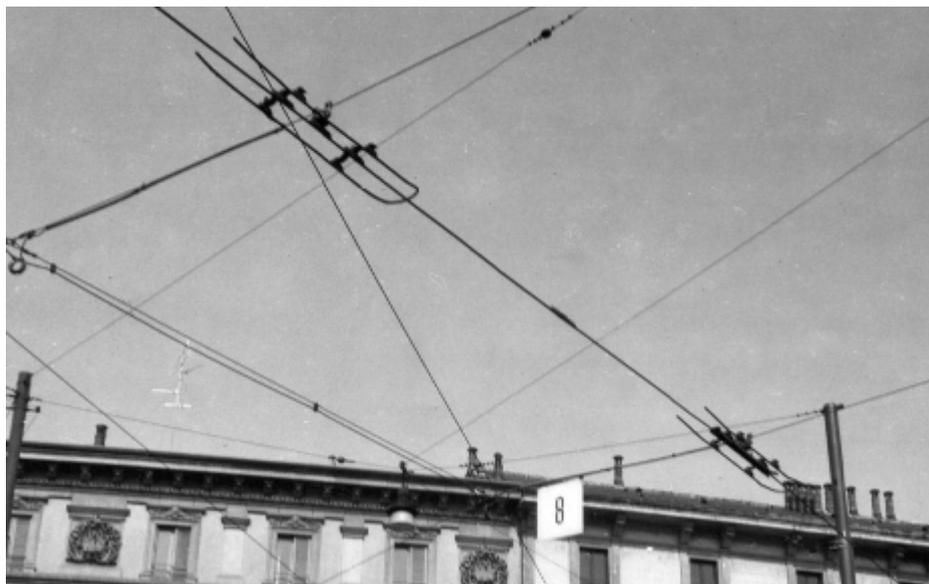


Figura 14.3.6 C (p. Cadorna)

14.4 Le nuove sospensioni equipotenziali

Introdotte (figura 14.4 A) proprio nel periodo in esame, si installavano in sostituzione della 5.4 (per il confronto vedere figura 5.4 D), abbinata al morsetto a quattro viti (4.2); in molti casi, e particolarmente per l'installazione su curva, il filo in rame trasversale veniva localmente raddoppiato con un breve spezzone fissato con cavallotti a vite (figure 5.4 D, 14.4 A/B e 14.5 B) al fine di aumentare la stabilità in presenza di elevato tiro trasversale (le sospensioni di vecchio tipo (5.4) erano generalmente adoperate solo in rettilineo).

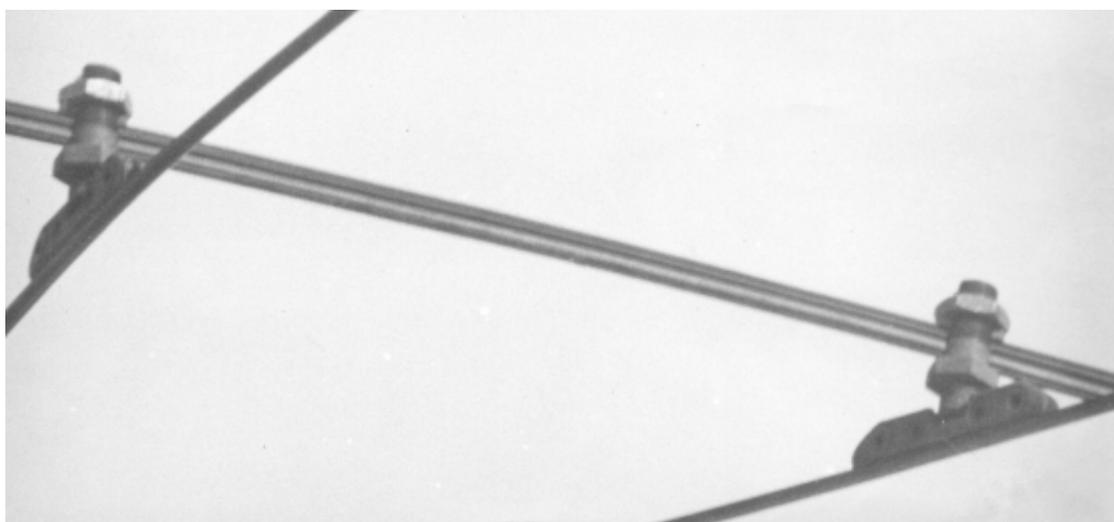


Figura 14.4 A

Divenute di uso comune in corrispondenza degli scambi trasformati per l'agibilità al pantografo, e qui utilizzate in quantità ben superiore a quanto richiesto dalle esigenze di continuità elettrica, quasi alla stregua di normali sospensioni⁶ (in figura 14.4 B e

⁶ Questa pratica tra l'altro aumentava notevolmente (e senza bisogno) lo sviluppo delle parti in tensione, poiché ai fili di contatto si aggiungeva una serie di tiranti trasversali; oggi si preferisce, al contrario, realizzare i collegamenti equipotenziali per mezzo di un cavo con guaina isolante, fissato con fascette su un tirante trasversale.

14.5 B si vedono tre tiranti trasversali così equipaggiati, e ne sarebbe bastato uno), oggi sono praticamente scomparse dalla rete urbana⁷.

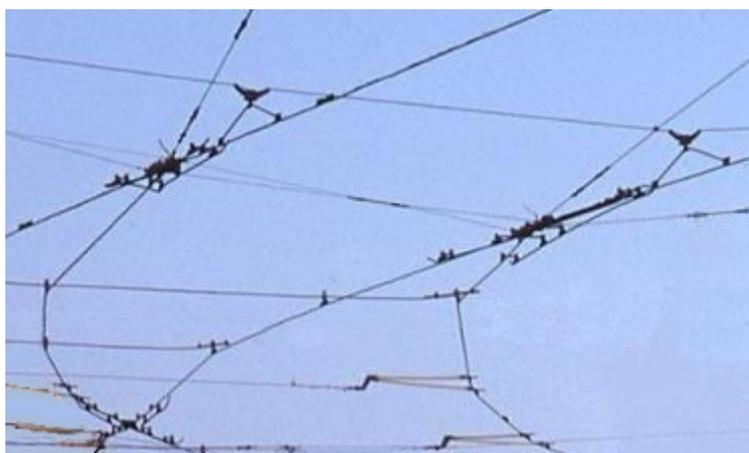


Figura 14.4 B

14.5 La trasformazione di scambi per il solo pantografo

Man mano che le diverse tratte passavano all'esercizio con il solo pantografo, gli scambi e gli incroci per trolley, insieme alle relative slitte di protezione, venivano rimossi (figura 14.5 A/B); i fili venivano raddrizzati e, per mantenerli a contatto, pur lasciando libertà di scorrimento, si fissava sul filo dritto un "ponticello" formato da uno spezzone di filo piegato alle estremità e due morsetti 4.5, al di sotto del quale passava il filo deviato. Ancora tramite due morsetti 4.5, sullo scambio si installava un conduttore flessibile per garantire la continuità elettrica (ampiamente ridondata, come osservato in 14.4, da numerose sospensioni equipotenziali; insolitamente, detto conduttore flessibile manca in figura 14.5 B).

Gli incroci erano completati da piccole slitte, sempre presenti sugli incroci a 90° e a volte mancanti sugli incroci con angolo minore (in figura 14.5 A si possono notare, mentre in figura 14.5 B mancano).



Figura 14.5 A (p. S. Maria del Rosario)

⁷ Nel 2012 se ne sono notati alcuni esemplari ancora in opera sul piazzale interno dell'officina Teodosio, di fronte all'ingresso principale; si può supporre che qualche altro pezzo "dimenticato" si trovi nei depositi. Inoltre, ve ne sono parecchi nel deposito interurbano di Varedo.



Figura 14.5 B (p. Cimitero Monumentale)

Si noti che, per gli scambi, la configurazione sopra descritta discendeva direttamente dagli scambi per trolley, in quanto la presenza e la posizione del tirante che equilibra il tiro del ramo deviato era stata ereditata tale e quale negli scambi per solo pantografo; basta guardare la linea aerea attuale per rendersi conto che tale soluzione è oggi praticamente abbandonata, e il ramo deviato non interseca più il ramo retto. Anche il "ponticello" non viene più montato, né sugli scambi, né sugli incroci.

Gli incroci con le filovie sono stati completamente rifatti.

15. RINGRAZIAMENTI

- a mio padre, che a suo tempo (1977) ebbe la pazienza di accompagnarmi per Milano con macchina fotografica, teleobiettivo e treppiede per riprendere i particolari degli ultimi tratti di linea per trolley;
- alle squadre del Servizio impianti elettrici dell'ATM che nel 1977 operarono la trasformazione da trolley a pantografo in piazzale Negrelli e in piazza 6 Febbraio, per le spiegazioni e per la possibilità di disegnare e fotografare i componenti;
- al personale del magazzino di Precotto del Servizio impianti elettrici dell'ATM, che andò a cercare i vari pezzi non più in uso, che potei poi acquistare nel 1988 dall'ATM stessa e che oggi si trovano nella mia collezione, illustrati nelle fotografie a colori di particolari a corredo della presente opera;
- a Guido B., per le discussioni e la condivisione di osservazioni e di materiali che avemmo sull'argomento;
- anticipatamente, a quanti vorranno fornire notizie per colmare le numerose lacune di questa opera, o meglio prendere spunto da essa per approfondire l'argomento con trattazioni più complete.

Appendice A

PICCOLA RACCOLTA DI IMMAGINI DELLA LINEA AEREA

Con la dicitura (→ fig.) in coda alle didascalie, si citano le figure nel testo che sono ricavate, mediante ritaglio e ingrandimento, dalla figura cui la didascalia si riferisce.



Figura A1: via Spinoza vista da piazza Leonardo da Vinci, giugno 1977(→ figg. 8.2 B, 8.4 C)



Figura A2: piazza Leonardo da Vinci, giugno 1977; in corso i lavori per la rimozione degli scambi da tempo inutilizzati



Figura A3: piazza Leonardo da Vinci, giugno 1977, appena terminati i lavori per la rimozione degli scambi da e per via Spinoza, ma la linea aerea è ancora in opera; in questa breve fase le vetture dirette verso Lambrate in uscita dalla curva spesso “scarrucolavano” poiché i manovratori percorrevano la curva ormai libera da scambi di binario a velocità sostenuta, dimenticandosi degli scambi aerei



Figura A4: piazza 6 Febbraio guardando verso viale Cassiodoro, 1977 (→ fig. 8.2E)



Figura A5: piazza 6 Febbraio durante i lavori di trasformazione, 1977



Figura A6: una vettura della linea 23, in via Maj, sta per svoltare a destra in viale Umbria, giugno 1977



Figura A7: capolinea di via Monte Velino nel giugno 1977



Figura A8: capolinea di via Monte Velino nel giugno 1977



Figura A9: capolinea di Roserio guardando verso via Grassi, giugno 1977



Figura A10: capolinea di Roserio con 5120 appena uscita di revisione generale, giugno 1977



Figura A11: capolinea di Roserio, maggio 1977 (→ fig. 5.2.4 A)



Figura A12: capolinea di Roserio da via Grassi, maggio 1977 (→ fig. 12.3 C)



Figura A13: via degli Scipioni nel 1977 (→ fig. 12.4 A)



Figura A14: via dell'Orso (fuori servizio da anni) guardando verso via Cusani, febbraio 1978



Figura A15: via Monte di Pietà (fuori servizio da anni), febbraio 1978



Figura A16: via Monte di Pietà alla diramazione di via Romagnosi, febbraio 1978



Figura A17: via Monte di Pietà dalla curva di via Croce Rossa, febbraio 1978



Figura A18: via Croce Rossa guardando verso l'incrocio con via Manzoni e via Montenapoleone, febbraio 1978



Figura A19: mensole su palo in corso Indipendenza, novembre 1977



Figura A20: diramazione dai viali Piave/Premuda verso corso Concordia (p.ta Manforte/p.za Tricolore), novembre 1977: durante la trasformazione, ibrido di sospensioni per trolley e per pantografo) e insolita abbondanza di ferri di usura sugli scambi (rif. figura 8.2 C); dopo la trasformazione, il solo binario direzione periferia di corso Concordia fu usato pochissimo e solo per pochi metri come binario di scarto



Figura A21: corso Concordia da piazza risorgimento, novembre 1977



Figura A22: in viale Corsica, diramazione per viale Campania, mentre transitano le vetture della linea 24 in direzione centro (tra cui una delle prime 4900 messe in servizio), giugno 1977; il viale Campania, al di là degli scambi qui mostrati, non è mai stato adattato al pantografo, fino alla rimozione della linea di contatto nel 1978



Figura A23: deposito Messina nel luglio 1977, già trasformato per il pantografo



Figura A24: capolinea in viale Fulvio Testi/via Bignami nel maggio 1977, doppio contatto per comando scambio



Figura A25: ex capolinea di via Giambellino nell'aprile 1977: appena rimossi i binari, non ancora la linea aerea



Figura A26: via Cesare da Sesto all'angolo con via Ausonio nel 1979 (→ fig. 13.2)



Figura A27: via Dogana con il sottopasso dell'Arengario nel 1981

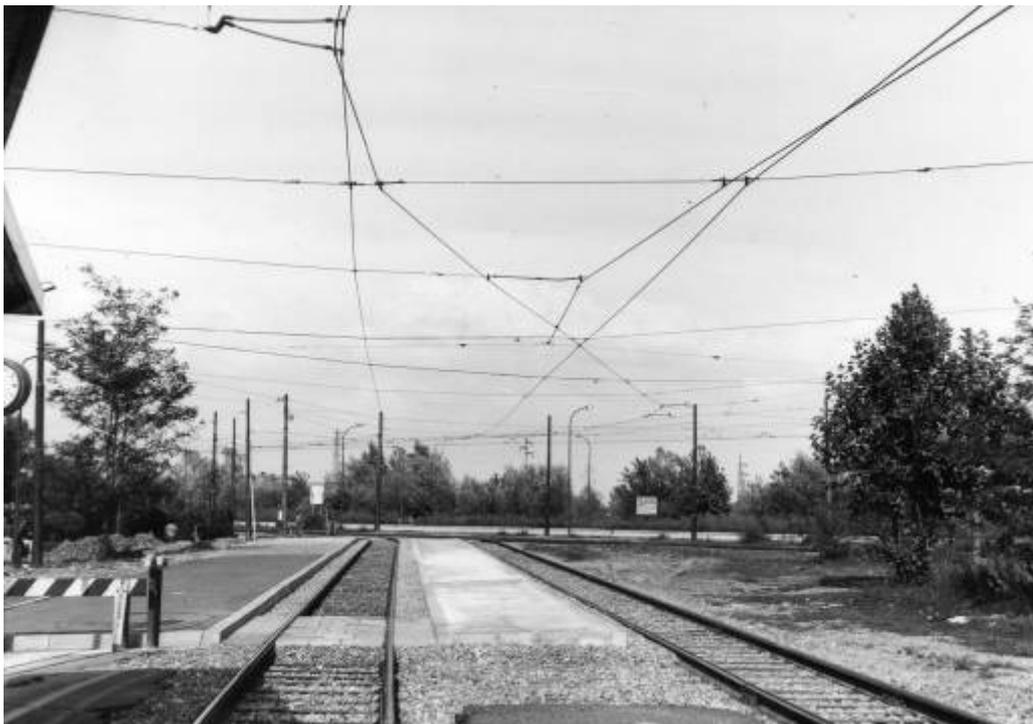


Figura A28: capolinea di Gratosoglio nell'estate 1982: sono appena stati terminati i nuovi binari di sosta, ma la linea aerea rivela il precedente percorso



Figura A29: capolinea di Roserio per solo pantografo, estate 1978 (→ fig. 5.4 D)



Figura A30: sospensione TIBB per curva: un insolito adattamento per tirante trasversale non interrotto (piazzale Bacone, 1977)

Appendice B

ASPETTI TIPICI E PICCOLI ANEDDOTI

Come argomentato precedentemente, la linea di contatto per trolley presentava sospensioni con una certa massa concentrata e con una piccola irregolarità sul filo, quest'ultima costituita dal morsetto da ribadire. Ciò non era ovviamente favorevole alla regolare captazione della corrente, anche se probabilmente la modestia delle potenze e delle velocità in gioco (se confrontate, ad esempio, con la trazione ferroviaria) ne rendeva trascurabili gli effetti.

Inoltre, la presenza della rotella produceva un caratteristico rumore di rotolamento, più intenso del rumore di strisciamento di un pantografo, che si trasmetteva lungo il filo contribuendo ad annunciare da lontano l'arrivo di una vettura (qualche autore americano ha usato, per la linea aerea tranviaria, il termine piuttosto appropriato di "singing wire").

L'effetto acustico complessivo, per chi aspettava il tram alla fermata, era di poter udire il rumore, trasmesso in forma di vibrazione lungo il filo, con la vettura ancora ad una certa distanza e di percepire una repentina variazione di tonalità ogni qualvolta la rotella oltrepassava una sospensione, e quindi il numero di masse concentrate tra la sorgente acustica e l'ascoltatore diminuiva di uno.

Questo effetto, molto affievolito, si può talvolta avvertire anche oggi con il pantografo e le sospensioni di massa ridotta, ma solo con un certo sforzo e soprattutto in assenza di rumore di fondo da traffico veicolare.

Un'impressione acustica "da rotella", molto simile a quella che c'era a Milano, si può invece oggi udire, per esempio (e chi scrive lo ha sperimentato), lungo la linea del Museo Tranviario di Skjoldenæsholm in Danimarca, dove viaggiano (tra gli altri) a velocità abbastanza sostenuta i tram della scomparsa rete di Copenhagen.

Un altro effetto, questa volta visivo, della irregolarità di forma lungo il filo e della massa concentrata delle sospensioni (e conseguente discontinuità nella cedevolezza verticale delle linee), consisteva nel vedere, nell'oscurità delle ore serali, una piccola sfiammata bluastro al passaggio della rotella sotto la sospensione, perlomeno nella fase di trazione con assorbimento di corrente; quindi, osservando da una certa distanza, si notava la piccola sfiammata in punta di trolley ad intervalli regolari lungo la linea. Come detto, la sfiammata era molto ridotta e non certo paragonabile a quella che si verificava in corrispondenza di scambi ed incroci o, peggio, dei separatori quando venivano affrontati (nonostante le prescrizioni) senza "levare corrente", ma comunque al buio era visibile. Chi scrive ha ancora ben presente il fenomeno, visto sulle vetture in transito in viale Gorizia osservate da viale d'Annunzio, attraverso la Darsena.

Episodi insoliti, di cui l'autore ha potuto essere testimone, riguardano il periodo di coesistenza di trolley e pantografo.

In una mattina del 1975 o del 1976 (comunque ben prima che le linee 8 e 21 passassero all'uso del pantografo) giungeva in piazza S. Maria del Rosario, proveniente da piazza Tirana, una vettura a carrelli della linea 8, che aveva in presa sia il trolley che il pantografo; qui si arrestava allo scambio automatico, che non era scattato, ed il manovratore ne scendeva con il ferretto per spostare gli aghi. Nel mentre, si accodava la vettura seguente, da cui scendeva il rispettivo manovratore

che avisava il primo con un: “Guarda cha hai su il pantografo...”. Il manovratore dell’8 si affrettava così ad abbassare il pantografo con l’apposita corda e proseguiva la marcia. Il tutto, fortunatamente, senza danni alla linea o al pantografo.

Un sabato pomeriggio della primavera 1977 una vettura della linea 19 giungeva in largo V Alpini proveniente da Roserio e qui il manovratore, avisato dal personale delle autoradio, si apprestava a svoltare a destra verso via Ariosto per evitare il centro che, a quell’epoca, di sabato era regolarmente bloccato da manifestazioni varie. Poiché quel ramo di circonvallazione (vie Ariosto, S. Michele del Carso, Coni Zugna, attraverso le piazze Baracca e Aquileia) si poteva già percorrere solo con il pantografo, il nostro manovratore pensava bene di alzare il pantografo e abbassare il trolley prima della svolta a destra: così facendo, transitava con il pantografo sotto lo scambio di via Vincenzo Monti, che non era ancora dotato di slitta di protezione. Anche in questo caso senza danni.

Comunque, i casi di rottura del pantografo non erano rarissimi, soprattutto in questo periodo di transizione, e ogni tanto si notava un pantografo nuovo, di un bel colore grigio chiaro, che risaltava sul tetto marrone scuro (di sporco urbano) di una vettura a carrelli, accanto a un altrettanto scuro trolley. Il trolley però, anche se messo in ombra dal pantografo, si dimostrava ancora utile, come per esempio nel caso della vettura 1703 sul 29 che nel primo pomeriggio del 28 ottobre 1977, a seguito della totale rottura del pantografo (deposto a pezzi all’interno), aveva potuto proseguire la marcia con il trolley (salvo guidare lo stesso tramite corda sugli scambi ormai praticabili al solo pantografo) e raggiungere piazza Aquileia (figura B1) dove aveva incontrato la squadra di soccorso.



Figura B1

Dell’uso del trolley per spostarsi allorché l’archetto del pantografo rimaneva per accidente sotto il contatto isolato di uno scambio si è già accennato al paragrafo 12.5, e la cosa valeva naturalmente anche per i sezionatori; sicuramente in qualche caso il concetto è stato applicato anche al contrario, con il pantografo in soccorso del trolley. Questa utile ridondanza di prese di corrente ha avuto termine, per le vetture a carrelli 1928 che furono le ultime a rinunciarvi, nel 1978.

Appendice C

CRONOLOGIA DELLA TRASFORMAZIONE DELLE LINEE NEL TRIENNIO 1976/78

La cronologia è riassunta nella seguente tabella.

linea	Capolinea (*)	Passaggio all'esercizio con pantografo	note
1	Console Marcello v.le Lunigiana	Da circa metà giugno 1977	
2	Bignami IV Novembre	Prima del 1976	
4	Lambrate Ospedale Magg.	Tra il 7 e l'11 luglio 1978	
5	Staz. Centrale Ortica	Da circa inizio luglio 1978	
8	P.le Bausan P.za Tirana	Dal 28.10.1976	
9	Staz. Centrale Staz. Genova	Dall'estate 1976	Istituita dal 14.6.1976 in parziale sostituzione della linea 25/26; passaggio al pantografo qualche mese dopo
12	P.za P. Castelli Greco	Da circa metà giugno 1977	
13	P.le Corvetto V.le Molise	Prima del 1976	Presumibilmente nel corso del 1974
14	Cairolì Cimitero Magg.	Da marzo 1977	
15	P.za Axum Gratosoglio	Prima del 1976	Nel 1974 già con pantografo
18	Baggio P.le Gambarà	Prima del 1976	
18 rosso	Baggio Cairolì	-----	Soppressa (sostituita con autobus pari numero) dal 14.6.1976 senza passare al pantografo
19	P.za Negrelli Roserio	Dal 11.10.1977	
20	P.le Corvetto Greco	Prima del 1976	Non prima del 1973
21	Cairolì P.za Tirana	Dal 14.7.1976	In concomitanza con il ripristino del percorso nel primo tratto di via Carducci
23	Staz. Lambrate M.te Velino	Tra il 13 settembre e il 1 dicembre 1978	Ultima linea urbana trasformata
24	V.le Ungheria Vigentino	Prima del 1976	Nel 1974 già con pantografo

25/26	Interstazionale	-----	Soppressa dal 14.6.1976 senza passare al pantografo
25 rosso	Staz. Centrale Staz. Genova	-----	Soppressa dal 14.6.1976 senza passare al pantografo
29/30	Circonvallazione	Dall'estate 1976 (insieme alla linea 9)	
31	Bignami Cairolì	Da circa metà febbraio 1977	
33	Roserio Sire Raul	Dal 23.8.1977	

(*) la dicitura è la stessa riportata sulle velette allora in uso, così come la sequenza verticale

Appendice D

LE PRESE DI CORRENTE

D1. Vetture a carrelli 1928 e vetture a due assi

Il tipico trolley, con base a quattro molle elicoidali, che equipaggiava le vetture a carrelli 1928 è visibile in figura D1.1, con il relativo zatterone in legno. Lo stesso tipo di base con gruppo molle equipaggiava anche le vetture 600, 700, 3000, 4000, 4100, e le motrici interurbane. La base era fissata su una tavola in legno posta in senso trasversale, al di sotto della quale erano collocati lo scaricatore (che scaricava a terra le eventuali sovratensioni causate dai fulmini) e la bobina di autoinduzione o di self, che proteggeva il circuito della vettura dalle correnti causate da dette sovratensioni.



Figura D1.1

Le motrici Edison, nella prima parte della loro vita, avevano invece una base con una singola molla, più robusta, che esercitava la propria azione a compressione, e quindi aveva le estremità piane (figura D1.2): successivamente, le vetture sopravvissute ricevettero anch'esse la base a quattro molle.



Figura D1.2

Sulle vetture 1928 la tavola trasversale su cui era imbullonata la base trolley era a sua volta fissata sul già citato zatterone, formato da due travi longitudinali in legno, a struttura scatolata (la figura D1.3 mostra una trave sezionata) della lunghezza di circa quattro metri, fissate alle estremità al tetto. Si può presumere che tale soluzione, simile anche per altre vetture contemporanee o precedenti, sia dovuta da una parte alla scarsa confidenza con le proprietà isolanti dell'unico materiale da costruzione usato, ovvero il legno (da cui l'adozione di distanze di isolamento superficiali più che abbondanti), e dall'altra parte all'opportunità di scaricare le forze sul tetto in corrispondenza delle centine più rigide (quelle, visibili anche dall'interno, adiacenti alle porte), forze che venivano inoltre ridotte dalla lunghezza del braccio di reazione, in un periodo in cui i costruttori non avevano ancora la confidenza che avrebbero avuto pochi anni dopo con la carpenteria saldata.



Figura D1.3

Le staffe in ferro a forma di “omega” con cui lo zatterone poggiava sul tetto erano all'inizio in vista, ma pochi anni dopo furono racchiuse in una specie di scatola di legno (figura D1.4) per evitare che sul tetto vi fossero parti a massa che potevano essere toccate dal personale addetto alla manutenzione nei depositi, che operava sui

trolley in tensione grazie al fatto che il tetto, in legno coperto con tela, era completamente isolato. Per lo stesso motivo la grossa vite che fissava lo zatterone su dette staffe fu coperta con uno scodellino metallico fissato solo sul legno della trave (figura D1.5).

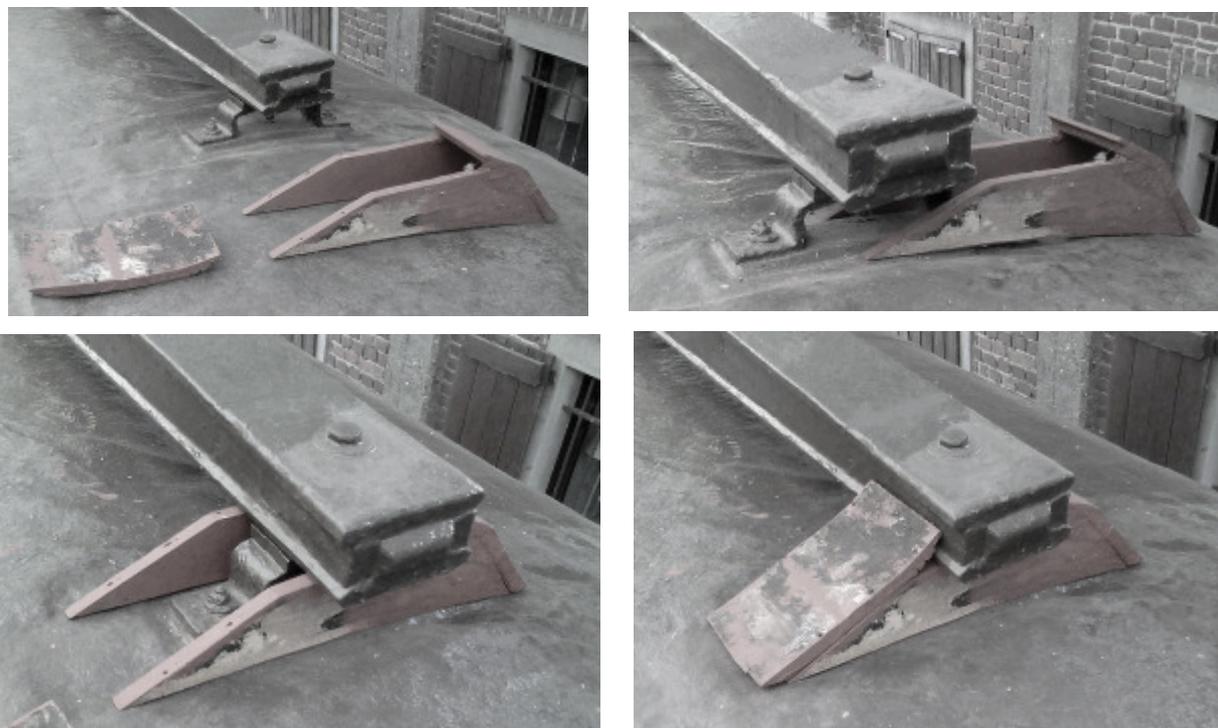


Figura D1.4



Figura D1.5

Mentre le travi delle vetture 1928, come detto, erano scatolate e quindi relativamente leggere e rigide (e con sezione crescente al centro, secondo l'andamento del momento flettente), le analoghe travi delle vetture 600 e derivate, più sottili, erano verosimilmente in legno pieno, e resistevano alla flessione grazie ad un tirante (realizzato con un piatto in ferro) teso sotto di esse, che le faceva leggermente arcuare verso l'alto; in tempi più recenti, ovvero in occasione dell'aggiunta del pantografo, sulle vetture 700 furono aggiunti, in sostituzione del tirante, ulteriori supporti intermedi.

In figura D1.6 si vede lo zatterone della vettura 701 nello stato quasi originale (a parte il pantografo), e molto simile a quello delle vetture 600, 3000, 4000 e 4100; si notano:

- A - tavola per base trolley (già inutilizzata)
- B - pantografo (già spostato dietro la base trolley dopo la rimozione di quest'ultimo, cfr. D7)
- C - tirante in piatto di ferro
- D - tenditore per il tirante (mancante su qualche fotografia di 600 allo stato di origine)
- E - supporti di estremità (staffa metallica con "scatola" isolante in legno)
- F - distanziatori tra trave in legno e piatto in ferro C (sulle 600 allo stato di origine avevano una forma leggermente diversa)
- G - supporti intermedi aggiunti insieme al pantografo o poco dopo

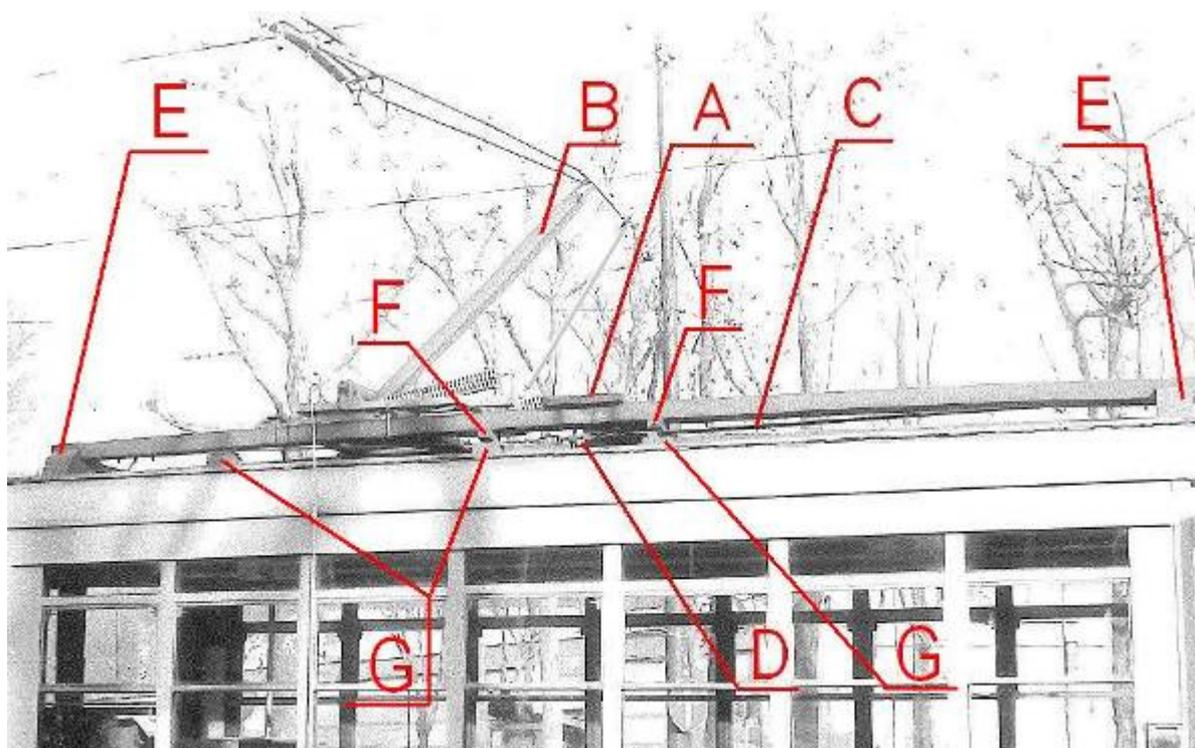


Figura D1.6

In figura D1.7 si vede lo zatterone con i supporti intermedi definitivi aggiunti con il pantografo ed il tirante in acciaio rimosso (soluzione tipica delle 700 trasformate in sabbiere).

In figura D1.8 si vede la stessa soluzione di cui sopra, ma per le vetture 700 bidirezionali di servizio (verdi - scolorite - con banda gialla o grigie con banda gialla): manca la "scatola" isolante in legno sui supporti di estremità (peraltro presente fino a che queste vetture erano senza pantografo), forse non necessaria in quanto queste motrici erano di norma rimessate all'aperto nel cortile dell'officina Teodosio, e quindi non soggette ai normali interventi di manutenzione sopra accennati.

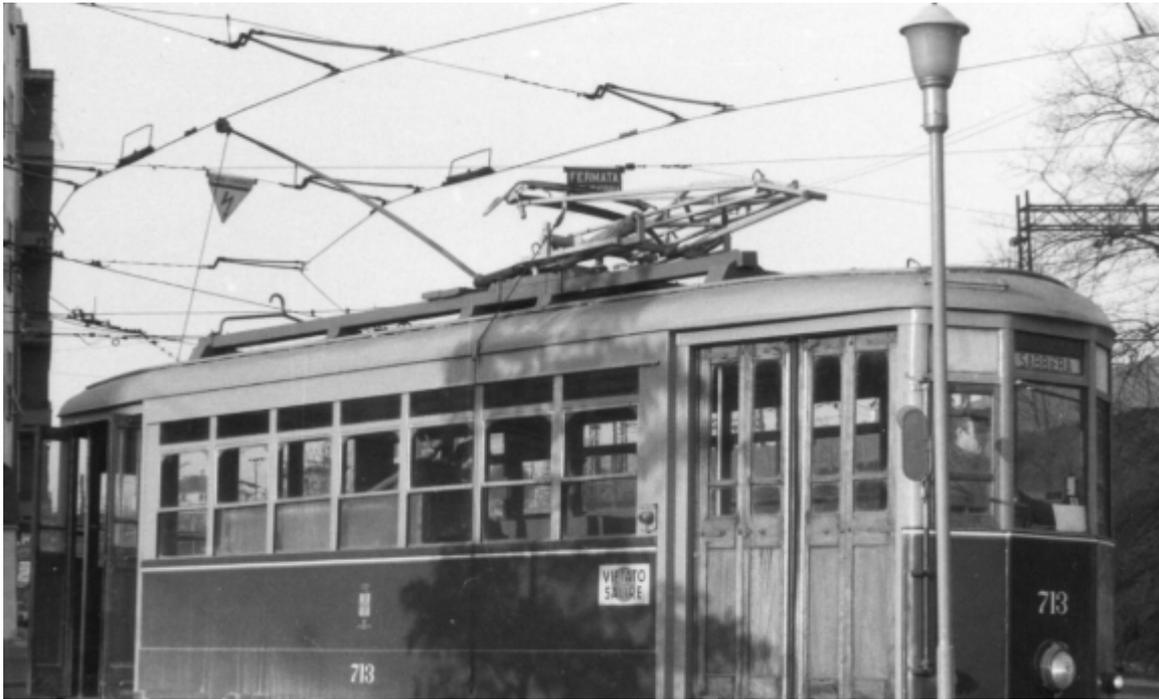


Figura D1.7



Figura D1.8

Per la testa del trolley ci si riferisce qui al tipo usato nella seconda metà degli anni sessanta e negli anni settanta (sui tipi precedenti non si hanno elementi se non fotografie che ne fanno intuire una forma differente). Essa (esistente in due varianti - figura D1.9) consisteva in una forcella in due metà sulle quali si fissava con viti il perno in acciaio sul quale ruotava la rotella in bronzo; il contatto elettrico (e una minima lubrificazione) tra perno e rotella era assicurato da tre spazzole in carbone disposte in senso radiale in apposite sedi ricavate nel perno (figura D1.10), ciascuna spinta da una molla contro le pareti del foro della rotella. Quest'ultima era comunque una parte di consumo, che veniva sostituita, indicativamente, ogni mese.



Figura D1.9: rotella piccola per vetture urbane in generale e rotella grande per vetture 4600/4700 e interurbane



Figura D1.10

D2. Vetture 5000 e successive e vetture articolate

La base trolley utilizzata sulle vetture 5000 e su tutte le successive (5100, 5200, 5300, 5400, 4500, 4600, 4700), nonché sui rimorchi pilota dei treni bloccati bidirezionali 500 e 800, è mostrata in figura D2.1: le quattro molle principali sono inclinate anziché orizzontali, mentre le due molle corte all'estremità fanno parte di un dispositivo di fine corsa molleggiato (assente sui tipi precedenti) che veniva impegnato nello sfortunato

caso di scarrucolamento e rottura delle corda di richiamo. La stessa base in versione a sei molle veniva utilizzata sui filobus.

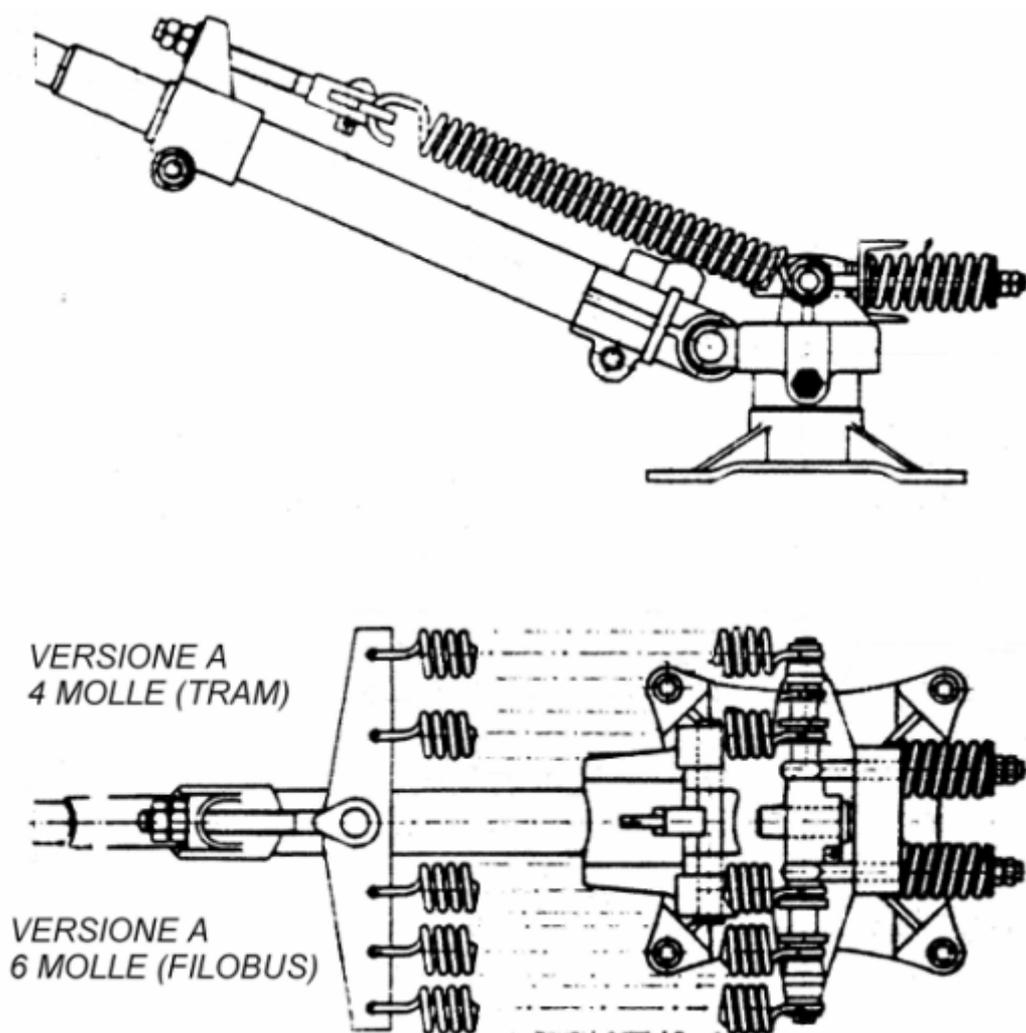


Figura D2.1

La base era posta su una tavola in legno rettangolare (figura D5.1), fissata a sua volta al tetto per mezzo di quattro supporti antivibranti che, altra novità introdotta su queste vetture, limitavano le vibrazioni trasmesse dal trolley alla struttura della cassa grazie alla presenza di elementi in gomma. In figura D2.2 si vede una sezione del tipo utilizzato sulle vetture 4600 (supporti "Vibrostop"), ricavata da un disegno d'epoca; si nota che anche in questo caso, per la sicurezza del personale all'opera sul tetto sotto la linea in tensione, il perno del supporto è isolato dalla cassa metallica per mezzo di elementi isolati intorno alle teste delle viti e sotto i dadi (d'altra parte, tutta la parte centrale del tetto in lamiera è coperta con materiali isolanti, ai quali oggi è subentrata la vetroresina).

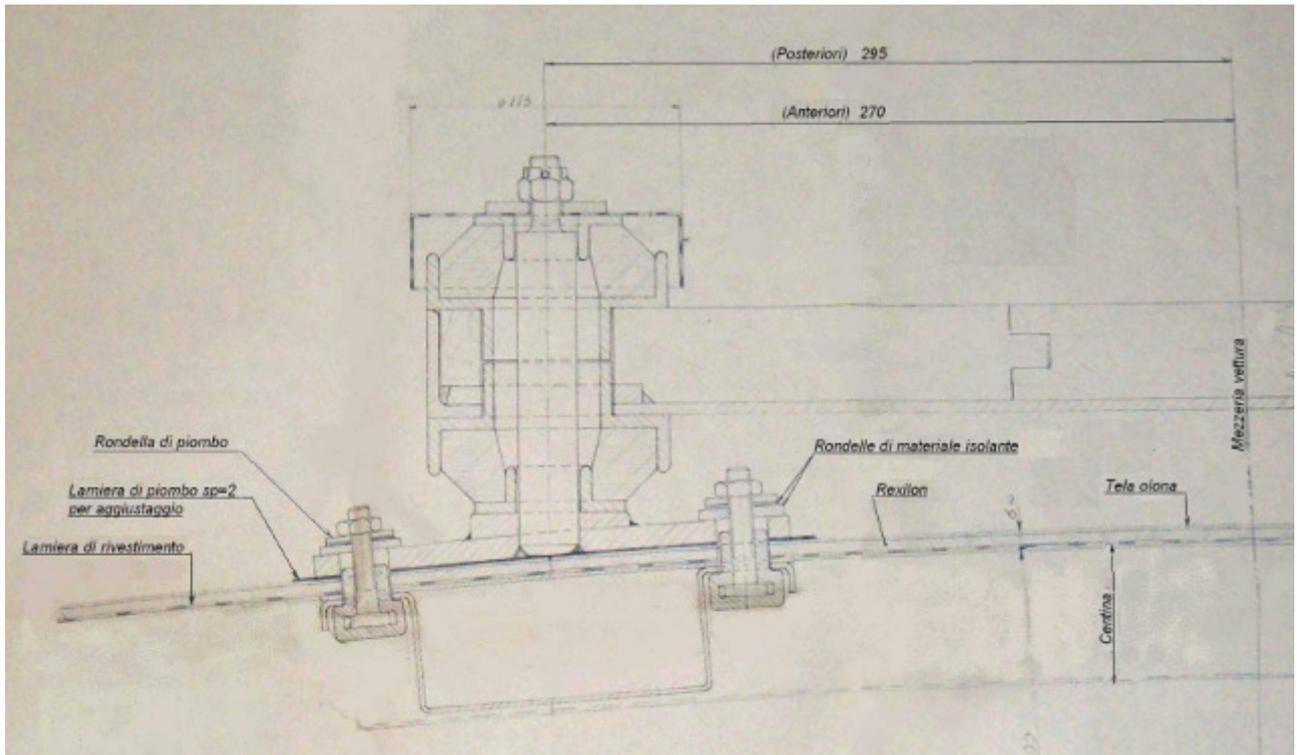


Figura D2.2

Sulla tavola erano posti anche lo scaricatore e la bobina di self.

L'intera tavola era avvolta da una carenatura aerodinamica (di fatto con scopo solo estetico) aperta sui lati superiore e posteriore, dalla quale fuoriusciva la parte superiore della base trolley (figura D2.3 e D2.4), realizzata probabilmente in lamiera sagomata in origine (rif. figura D2.4), e in vetroresina in tempi più recenti (tali erano le carenature rinvenute in occasione del restauro con trolley della vettura 5137 per le celebrazioni dei 100 anni del tram elettrico nel 1994).



Figura D2.3 (vett. 5137 esposta all'officina Teodosio nel 1994)

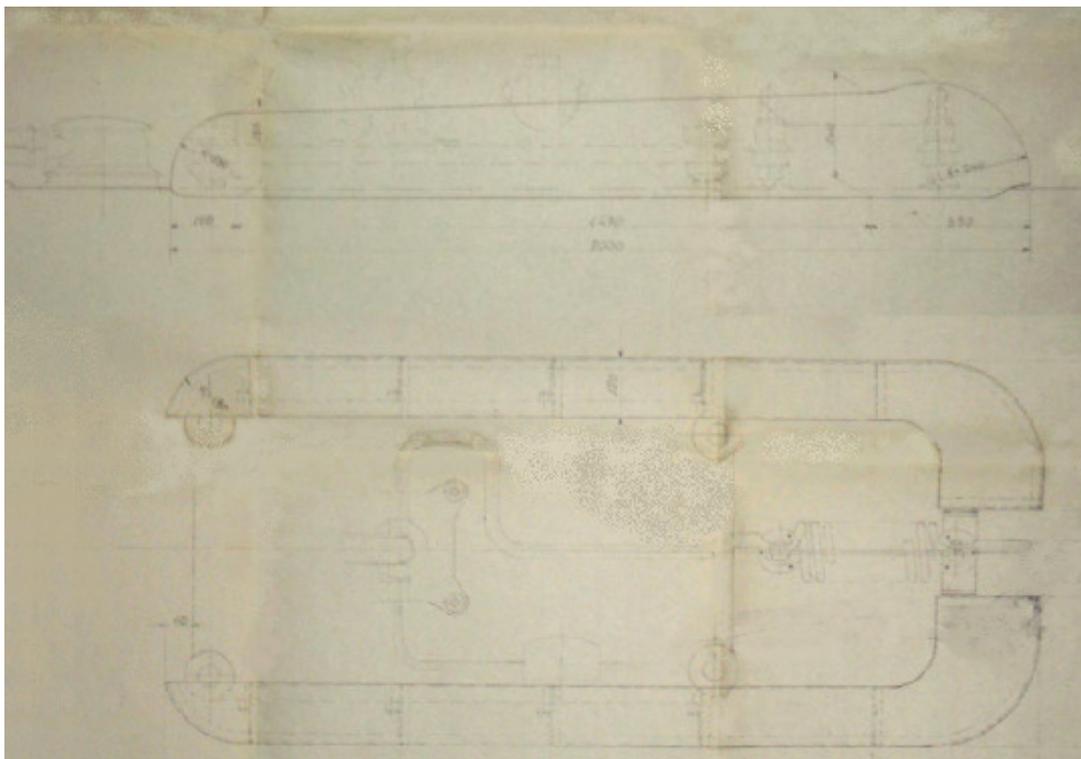


Figura D2.4 (disegno d'epoca relativo alle vetture 4600)

Si può notare che la carenatura di figura D2.3, rappresentativa delle vetture 5000, 5100, 5200, 5300, nonché dei rimorchi pilota dei treni bloccati bidirezionali, differiva leggermente da quella delle vetture 4600 e 4700 (figura D2.4): la prima presentava una forma perfettamente "a goccia", senza il punto di flesso presente invece sulla seconda.

D3. Gli avvolgitori per la corda del trolley

Il trolley era dotato di una corda di cui un'estremità era legata alla testa del trolley stesso, e l'altra era avvolta in un apposito apparecchio posto sulla testata posteriore, che serviva per due fondamentali scopi: movimentare il trolley da terra (per abbassarlo e rialzarlo, nonché rimetterlo sul filo dopo uno scarrucolamento), e limitarne la salita incontrollata dopo lo scarrucolamento, per evitare danni a sè stesso e alla linea aerea.

Tralasciando i tipi utilizzati nei primi decenni del secolo scorso, gli avvolgitori utilizzati sui tram urbani erano due:

1. Il ritiratrolley o *retriever* CGE AT-8 (figura D3.1), introdotto nella prima metà degli anni '50 sulle motrici 5200 e quindi sulle motrici entrate in servizio successivamente che lo ebbero già dalla fabbrica, e successivamente (intorno al 1960) montato anche sulle vetture a carrelli 1928, sulle 5000 e sulle 5100. E' di derivazione americana (lo si vede in fotografie di vetture USA degli anni trenta) e fu usato anche altrove in Europa (per esempio sui tram di Bruxelles).



Figura D3.1

Esso aveva al suo interno due molle a spirale (figura D3.2), la prima (di tensione) poco rigida che teneva leggermente tesa la corda che si avvolgeva sul tamburo, e la seconda (di recupero) molto più rigida e precaricata che, in caso di scarrucolamento, applicava al tamburo un'energica coppa di richiamo che riavvolgeva la corda e quindi abbassava il trolley quasi istantaneamente (figura D3.3), evitando o comunque limitando al minimo il pericolo di urto contro i tiranti trasversali della linea aerea. Il sistema di richiamo veniva attivato da un meccanismo a masse centrifughe sensibile alla elevata velocità con cui la corda si srotolava dal tamburo in caso di scarrucolamento; dopo questo evento, per riarmare il dispositivo era necessario tirare a mano con altrettanta energia la corda in modo che si srotolasse dal tamburo (questa operazione ripristinava la precarica della molla di recupero e la sganciava dal tamburo), dopodichè si poteva procedere al ricarrucolamento, in quanto il tamburo rimaneva collegato solo alla molla di tensione.

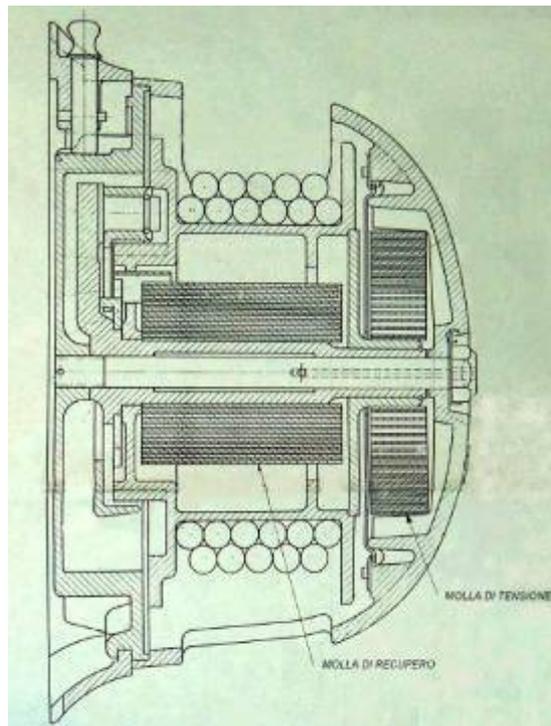


Figura D3.2



Figura D3.3: uno degli ultimi interventi del ritiratrolley AT-8 nel settembre 1978 al capolinea di via Monte Velino: durante la trasformazione della linea, un assetto evidentemente non ottimale dello scambio aereo causava regolari scarrucolamenti, tenendo conto che allora le vetture della linea 23 transitavano di regola sull'anello interno e quindi sul ramo deviato dello scambio.

2. Il *trolley catcher* (brevetto USA 8112-1 del 1918, come riportato in modo evidente sullo stesso), in uso prima dell'AT-8 (figure D3.4 e D3.5); esso fu poi sostituito sulle vetture 1928 e 5100, mentre rimase in opera sulle vetture precedenti. In particolare sulle vetture 700 rimase in opera fino alla fine dell'era del trolley (1978), quindi ben oltre l'avvento dell'AT-8.



Figura D3.4



Figura D3.5

Il *trolley catcher* svolgeva solo la funzione di riavvolgere e mantenere tesa la corda del trolley e di bloccarne lo srotolamento repentino in caso di scarrucolamento, ma non effettuava il riabbassamento in quanto privo della molla di recupero.

Sia l'AT-8 che il *trolley catcher* potevano essere staccati dalla base fissata sulla testata con un accoppiamento a baionetta; il *trolley catcher* però si prestava meglio dell'AT-8 all'uso sulle vetture bidirezionali a due assi, che prevedevano la giratura del trolley con relativo spostamento del *trolley catcher* da una testata all'altra (fino al 1960 sulla linea 32 p. Corvetto – Rogoredo), a causa del suo minore ingombro. Ma, soprattutto, l'AT-8 sarebbe stato molto pericoloso da movimentare dopo il distacco dalla testata, poiché in caso di intervento indebito della molla di recupero (per esempio a causa di uno strattone alla corda) sarebbe stato impossibile trattenerlo e non ferirsi anche gravemente.

Si spiega forse in questo modo il permanere del trolley catcher sulle vetture 700, parte delle quali furono rese bidirezionali (come le 600 da cui derivavano) dopo il 1966 come mezzi di servizio.

Le vetture articolate, essendo di lunghezza superiore alle vetture a carrelli e ciò nonostante dovendo mantenere la distanza standard tra rotella e testata anteriore (ai fini del comando degli scambi automatici), avevano il trolley in corrispondenza dell'articolazione, e quindi il *retriever* o il *trolley catcher* era posto sulla fiancata anziché sulla testata posteriore (con l'eccezione del prototipo 3000, presumibilmente per breve tempo).

Per rendere possibile la movimentazione del trolley durante l'operazione di rimessa sul filo, fu realizzato un dispositivo che consentiva, oltre all'innalzamento e l'abbassamento tramite la corda principale avvolta sul *retriever*, anche il movimento laterale tramite una seconda corda. Detto dispositivo è illustrato, nelle sue linee essenziali, in figura D3.6; tale illustrazione è ricavata da un disegno delle vetture 4600/4700, ma esso era molto simile anche per le altre articolate (3000, 4000, 4100 e 4500, a cui si può aggiungere la 4801 che, come prototipo della serie 4800, fu l'unica a ricevere il trolley e fu poi resa identica alla serie con la riparazione generale del 7.8.77).

Come si vede, vi è una sorta di binario formato da due profilati a "C" contrapposti, nel quale scorre un carrellino che porta due pulegge. La corda principale svolge la sua funzione attraverso due pulegge di rimando (una fissa e una sul carrellino) e si avvolge sul *retriever*, posto all'altezza della carenatura inferiore e incassato in quest'ultima. Il carrellino si trova normalmente in posizione centrale, ma può essere spostato (e con esso il trolley da "ricarrucolare") agendo sulla corda secondaria, ovvero sganciandola e tirandola oppure lasciandola filare (figura D3.7); la corda secondaria viene sempre mantenuta tesa grazie al tiro della corda principale, che si scarica anche sulla secondaria per la presenza del carrellino. Ai fini della sicurezza elettrica cui si è accennato in D1 e in D2, il binario era fissato al tetto tramite piastre isolanti di bachelite.

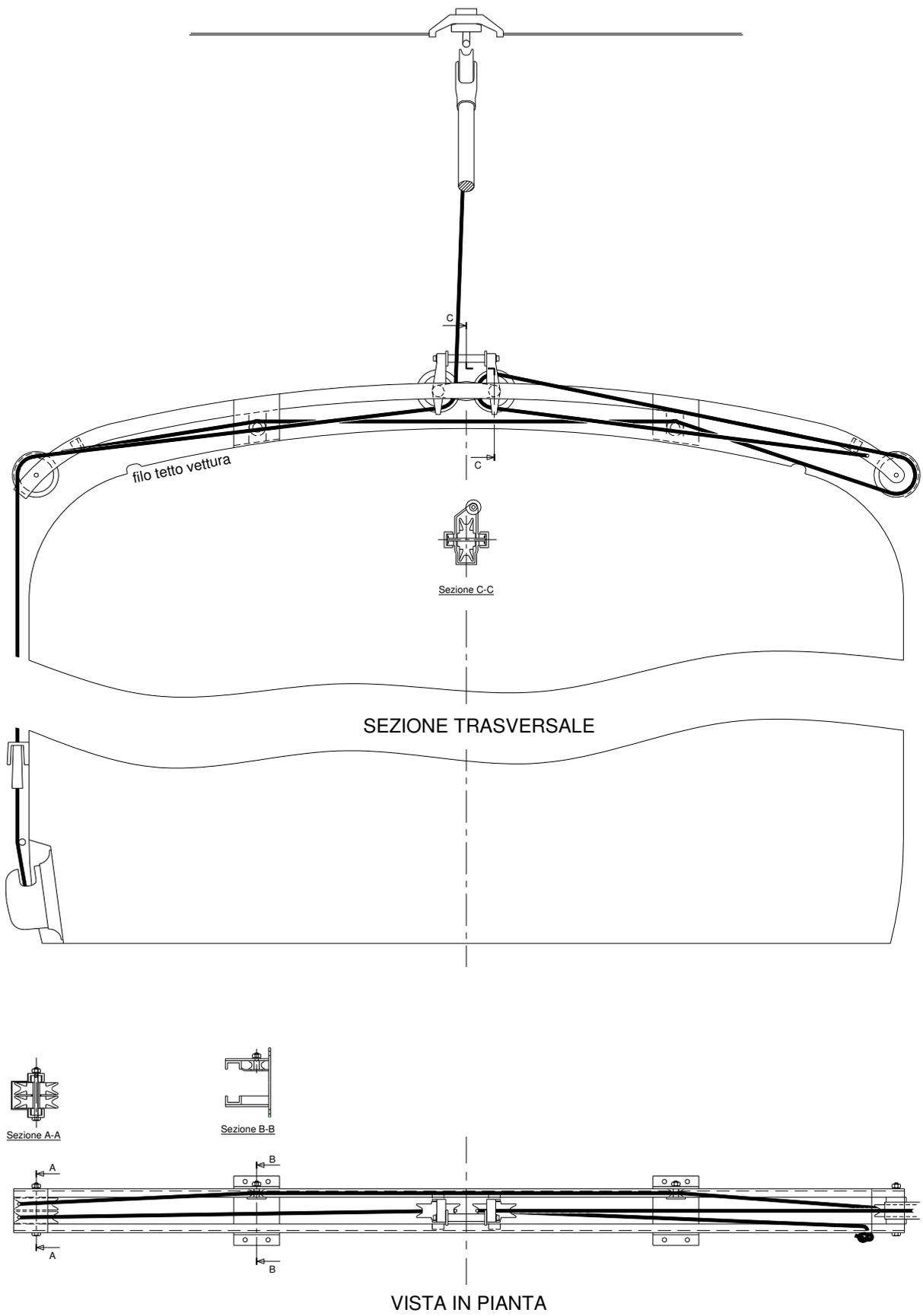


Figura D3.6

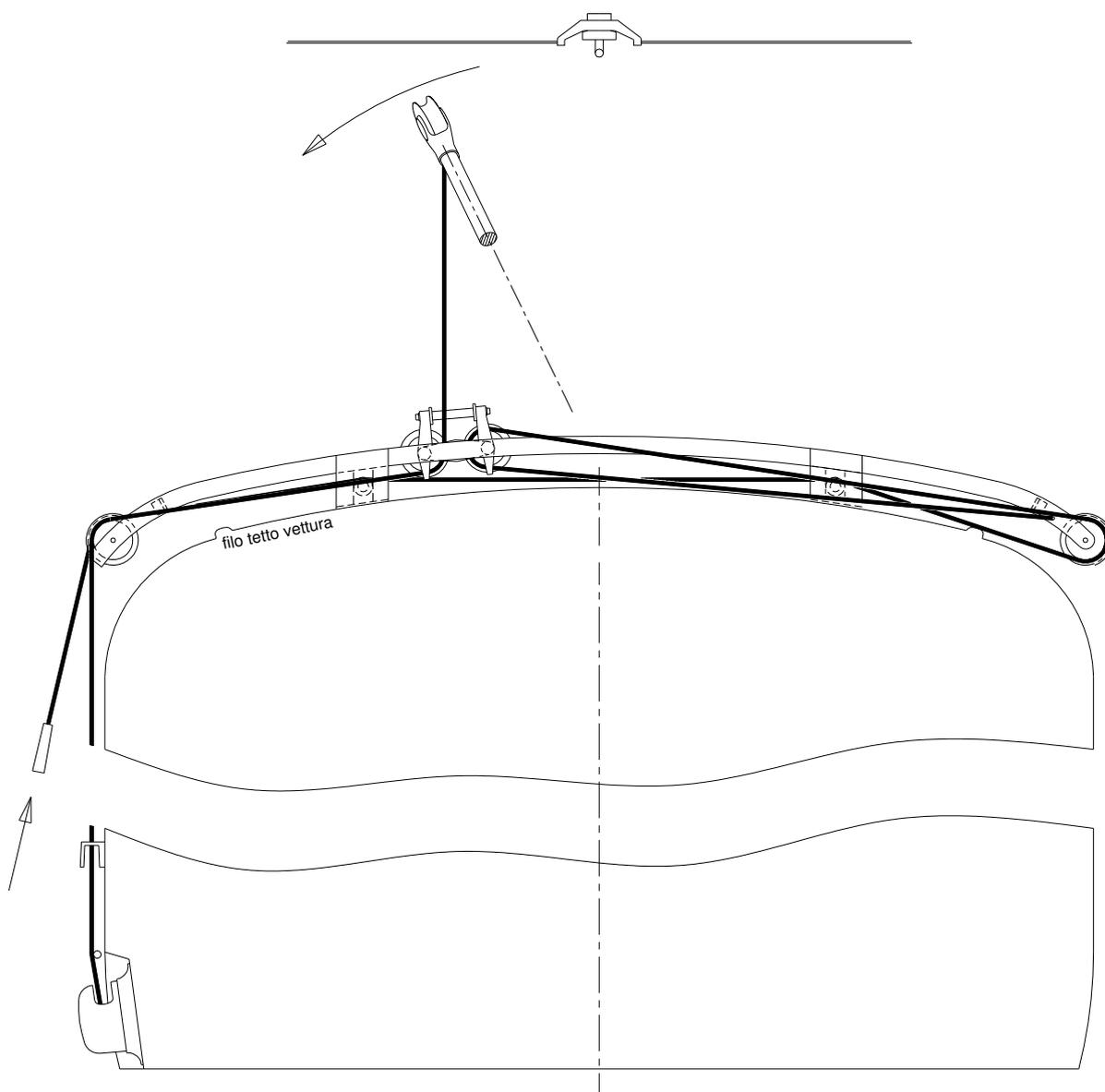


Figura D3.7

D4. L'aggiunta dei pantografi sulle vetture 1928 e 700

Per le vetture 1928 la predisposizione (installazione del telaio metallico a forma di "H" sullo zatterone, davanti alla base trolley) ebbe inizio nel 1970, dapprincipio sulle vetture che uscivano di revisione generale nella nuova livrea arancione; il pantografo (figura D4.1) venne montato gradualmente in un lasso di tempo che si può indicativamente collocare tra il 1972 e il 1975 (nel 1974 esisteva ancora qualche vettura verde priva di pantografo).

Per le vetture 700 la cosa dovette aver luogo all'incirca nello stesso periodo.



Figura D4.1

Insieme al pantografo, oltre al gancio in fiancata per attaccare la corda e al passacorda a lato tetto, venne montato, vicino all'estremità posteriore dello zatterone, una staffa con un uncino (il tutto realizzato con tubi in ferro piegati e saldati) che manteneva il trolley in posizione abbassata in caso di esercizio con il pantografo. Sulle vetture 1978 ne furono montate tre tipologie, illustrate in figura D4.2 A/C; sulle vetture 700 vi fu un unico tipo (figure D1.7, D1.8).



Figura D4.2 A: tipo impiegato nella fase iniziale in pochi esemplari, prevalentemente sulle vetture dotate di emettitrice dei biglietti (vetture 1856)



Figura D4.2 B: tipo impiegato prevalentemente sulle vetture che ricevettero il pantografo intorno al 1972/73 (vetture 1686)



Figura D4.2 C: tipo impiegato prevalentemente sulle vetture che ricevettero il pantografo intorno al 1974/75

Figura D4.2

Il trolley era elettricamente collegato in parallelo con il pantografo (vedansi i cavi in figura D4.1), e come tale era in tensione anche in posizione abbassata, con il pantografo in presa; per migliorare l'isolamento verso massa in tale condizione (la staffa era montata sul legno dello zatterone, ma molto vicino alle estremità), l'uncino vero e proprio era rivestito con una fasciatura in vetroresina.

D5. L'aggiunta dei pantografi sulle vetture 5000, 5100 e successive

Sulla tavola in legno rettangolare (vedasi D2) che supportava la base trolley, quest'ultima era collocata nella parte posteriore; questa circostanza predisponeva uno spazio che sembrava fatto apposta per l'aggiunta del pantografo su quella stessa tavola (probabilmente si tratta di una circostanza fortuita e fortunata: poiché la soluzione era stata concepita con il progetto delle vetture 5000 a metà anni trenta,

ovvero quaranta anni prima della conversione al pantografo, l'abbondante spazio su detta tavola doveva avere l'unico scopo di alloggiare lo scaricatore, la bobina di self e i fissaggi per la carenatura aerodinamica).

Il pantografo potè quindi essere fissato sulla tavola in coabitazione con il trolley, all'unica condizione di eliminare la carenatura aerodinamica (figura D5.1).



Figura D5.1

Come per le vetture precedenti, fu aggiunto un uncino per il mantenimento del trolley in posizione abbassata; sulle vetture 5000, 5100, 5200, 5300 e 5400 esso era fissato tramite isolatori a due cavallotti saldati per l'occasione sul ricasso posteriore del tetto (figure D5.2 e D5.3), mentre sulle 4600/4700 era probabilmente fissato al binario che recava il carrellino e le pulegge per la corda del trolley (D3).



Figura D5.2 (vetture 5000)



Figura D5.3 (vetture 5100)

D6. Tipi di pantografo

I pantografi adottati all'origine (escludendo quindi i tipi introdotti con Eurotram, Sirio etc.) erano i seguenti:

1. pantografo SOCIMI (fig. D4.1), adoperato sulla maggior parte delle vetture 1928 (*), su tutte le vetture 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 4600, 4700, 4800 (**), su alcune 700 come sostitutivo del Rebosio e, dal 1983, su parte delle motrici interurbane e su tutti i treni bloccati bidirezionali in versione 600 V;
2. pantografo Faiveley (figura D6.1), adoperato su parte delle vetture 1928 del solo deposito Messina nonché, seppur in versione con innalzamento comandato invece che a corda, sulle 4900 con equipaggiamento Marelli;
3. pantografo AEG (figura D6.2), adoperato su parte delle vetture 1928 del solo deposito Messina (solo APN; mai notato su vetture K35) nonché, seppur in versione con innalzamento comandato invece che a corda, sulle 4900 con equipaggiamento AEG;
4. pantografo Rebosio (figure A24, D1.7, D1.8), adoperato su parte delle vetture 1928 del solo deposito Messina e su tutte le vetture 700 come primo pantografo;
5. pantografo Dozler (figure D1.6, D3.3), caratterizzato dal tubolare principale a sezione quadra, adoperato su parte delle vetture 1928 del solo deposito Messina (prevalentemente K35, in rarissimi casi sulle APN), su alcune 700 come sostitutivo del Rebosio e, dal 1983, su alcune motrici interurbane.

Il pantografo AEG scomparve dalle vetture 1928 già nel 1978 con l'accantonamento della APN e non fu più utilizzato sulle vetture a carrelli, forse perché destinato a fonte di ricambi per le 4900 AEG. L'uso dei pantografi Faiveley, Rebosio e Dozler si è molto ridotto negli anni successivi a favore del SOCIMI sulle vetture meno recenti, il numero delle quali è costantemente diminuito a fronte della messa in servizio delle vetture 4900 dapprima e degli Eurotram e dei Sirio in tempi più recenti.

(*) sulle 94 vetture 1928 APN, allora tutte al deposito Messina, i casi di uso di pantografo SOCIMI furono rarissimi; le 1928 K35 dello stesso deposito avevano in parte pantografi SOCIMI, in parte pantografi Faiveley, Rebosio e Dozler

(**) tranne rarissime eccezioni, come la 4815 che fino al 1980 ebbe un pantografo Faiveley.



Figura D6.1

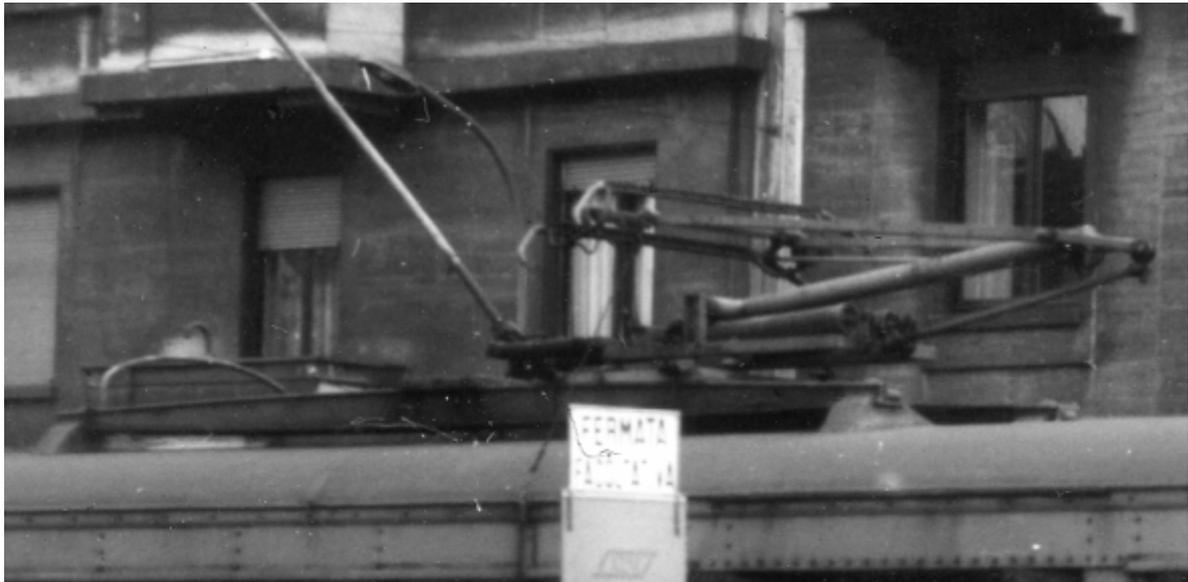


Figura D6.2

D7. La rimozione del trolley

Dalle vetture 1928 il trolley fu smontato nel luglio 1978 (dopo la trasformazione delle linee 4 e 5, vedasi l'appendice C), con l'eccezione delle poche vetture operanti sul 23 che lo mantennero ancora per qualche mese.

Analogamente, per le vetture soggette a revisione generale (presso l'officina Teodosio) in quel periodo, esso non fu più rimontato dal luglio 1978, con l'eccezione della 1880 che lo perse in anticipo con la RG 3-78.

Sempre per le vetture 1928 che uscivano dalla revisione generale, dal novembre 1978 lo zatterone in legno fu sostituito con un supporto metallico compatto, fissato alle centine intermedie del tetto e non più alle centine rinforzate (cfr. D1) su cui lo zatterone poggiava.

Il *retriever* sulla testata posteriore fu rimosso: per le vetture modificate nel deposito Messina (figura D7.1) e per quelle oggetto di RG i relativi fori di fissaggio furono chiusi ed il numero di servizio fu alzato; per le vetture modificate nei depositi Baggio e Ticinese i fori di fissaggio furono chiusi con una piastra in lamiera fissata con quattro viti o rivetti (figura D7.2); per le vetture modificate nel deposito Leoncavallo ci si limitò a rimuovere il *retriever* ma non la relativa basetta (figura D7.3). Ovviamente, le vetture già modificate nei depositi Baggio/Leoncavallo/Ticinese che furono poi oggetto di RG ricevettero la soluzione "tipo Messina".



Figura D7.1



Figura D7.2



Figura D7.3

Sulle vetture 700 il trolley fu rimosso all'incirca nello stesso periodo delle vetture 1928, salvo che per quelle bidirezionali, per le quali la cosa fu conclusa nell'estate 1978 anziché in luglio. Circa uno/due anni più tardi il pantografo fu arretrato (grazie alla mancanza del trolley) al fine di ridurre la differenza di distanza tra testata e pantografo che si avvertiva nel comando degli scambi automatici (si confrontino le figure D1.7 e D1.8 con la figura D.1.6)

Dalle ultime vetture 5000 il trolley non fu rimosso fino a quando esse furono ritirate dal servizio, attorno al 1975/76.

Dalle vetture 5100 il trolley fu rimosso tra il novembre e dicembre del 1977, quindi poco dopo il passaggio al pantografo della linea 19 (vedasi l'appendice C) sulla quale molte di esse operavano in quel periodo.

Dalle vetture 4600/4700 il trolley fu rimosso indicativamente intorno al 1975/76, dopo il passaggio al pantografo delle linee 15 e 13 su cui esse prevalentemente viaggiavano.

Dalle vetture 5200, 5300 e 5400 il trolley non fu mai rimosso, fino alla loro trasformazione in vetture a tre casse 4800 ovvero, nel caso della 5215, alla

trasformazione in 5136bis (RG 7.77) o, nel caso delle 5452/5453, fino alla loro alienazione (vendita al comune di Roma dopo un lungo accantonamento).

Le 4800 non hanno mai avuto il trolley, con l'eccezione del prototipo 4801, peraltro piuttosto diverso dalle vetture di serie e poi uniformato ad esse con RG nel 1977, come già ricordato in D3.

Sulle motrici interurbane a 600 V e sui rimorchi pilota dei treni bloccati bidirezionali (revisionati a partire dal 1982 e trasferiti dalla soppressa linea di Vimercate a quelle della Brianza), non vi fu mai presenza contemporanea di trolley e pantografo; la sostituzione avvenne gradualmente tra il 1983 e il 1986 (in alcuni casi in occasione di revisione generale, insieme al passaggio - per le motrici - dalla livrea verde a quella arancione e altri ammodernamenti). Forse le motrici già adibite al servizio traino di rotabili interurbani tra il deposito Messina e l'officina Teodosio (motrici Abbiategrasso 50 e 52) ricevettero il pantografo un po' prima.

In figura D7.4 si vede il trolley del rimorchio pilota 554 nel 1984: davanti si notano gli isolatori già predisposti per il pantografo che di lì a poco avrebbe sostituito il trolley.



Figure D7.4

D8. Nota sull'evoluzione successiva degli striscianti dei pantografi

I pantografi citati subirono negli anni successivi due principali modifiche, concernenti l'archetto.

La prima riguarda l'astina che vincolava l'archetto in assetto orizzontale (visibile per esempio in figura A29), che fu rimossa intorno al 1979, e da allora l'archetto rimase "flottante".

La seconda, più significativa, consistette nella radicale modifica dell'archetto con sostituzione del materiale di strisciamento e contatto; anch'essa avvenne nel 1979. Fino a quell'anno gli striscianti sull'archetto consistevano in due profili contrapposti di alluminio con sezione a "L", abbondantemente cosparsi di grasso grafitato (figura D8.1). Successivamente, detti profili furono sostituiti dallo strisciante in carbone con

cartoccio in rame (figura D8.2), che ovviamente funzionava senza ingrassaggio grazie alla presenza del carbone.



Figura D8.1 - Strisciante in alluminio, ripulito dal grasso grafitato; si nota l'usura maggiore al centro e minore verso l'estremità

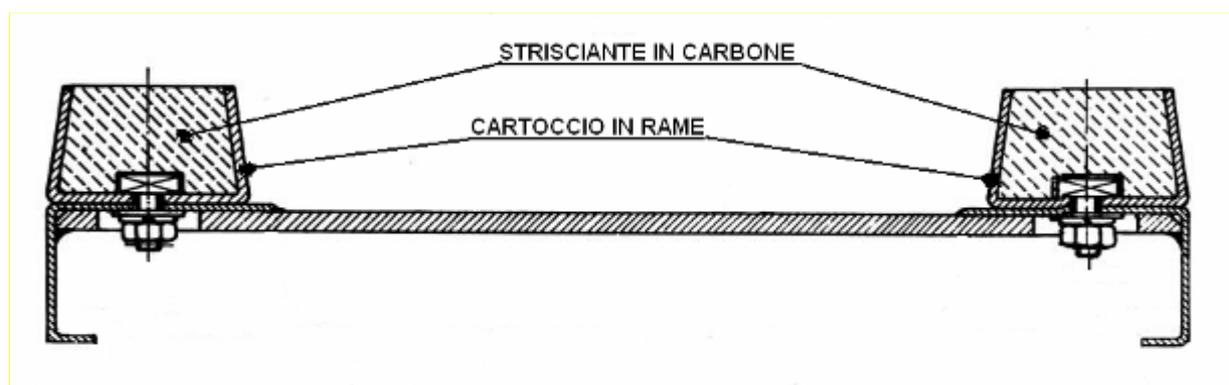


Figura D8. - strisciante in carbone con cartoccio in rame

In merito a quest'ultima evoluzione si può osservare che essa ebbe luogo appena dopo l'abbandono del trolley a rotella (con l'eccezione delle poche tratte in comune alle linee interurbane di cui si è già detto): ciò potrebbe essere legato alla convinzione, asserita da più parti, che l'utilizzo del carbone sia vantaggioso solo se tutti i pantografi di una rete sono fatti con questo materiale; diversamente, la coesistenza di striscianti in carbone e striscianti metallici (in senso lato tra questi vi è anche la rotella in bronzo) genererebbe l'usura precoce dei primi, in quanto i secondi creano irregolarità e perlinature sul filo di contatto.

Si osserva inoltre che il ricorso al carbone provocò, nei primi anni, fenomeni di rapidissimo e intenso sporcamento della parte posteriore della vettura, in quanto il carbone depositato sul filo in rame, con l'effetto dell'umidità notturna e della pioggia, finiva per cadere sulla parte di tetto posta dietro al pantografo dopo il passaggio di quest'ultimo, e di qui colava sulle fiancate e sulla testata. A questo effetto si rimediò applicando, a partire dal 1984, una sorta di piccola grondaia tutto intorno al perimetro della parte interessata del tetto, che convogliava a terra l'acqua annerita dal carbone lungo tubicini posti sulla testata posteriore delle vetture a carrelli o sulle testate intermedie delle vetture articolate.

Appendice E

ALCUNE IMMAGINI DELLE LINEE INTERURBANE

E1. Linee a 600 V (a trolley)

E1.1 La linea aerea sulle curve di piccolo raggio collocate nei centri abitati e nei depositi era sostanzialmente quella delle tranvie urbane di Milano



Al deposito di Carate Brianza



Nel deposito di Desio



Nel deposito di Desio



Nel deposito di Varedo

E1.2 Sui tratti interurbani propriamente detti vi era linea di contatto con fune portante, caratterizzata dall'assenza di poligonazione e delle relative aste sulle mensole dei pali; da notare i caratteristici isolatori orizzontali della fune portante



Tra Seregno a Carate



Tra Desio e Seregno

E1.3 Sulle curve di grande raggio, anche il filo di contatto era dotato di tirante con sospensione TIBB



Entrando in Carate



Tra Desio e Seregno

E1.4 I sezionamenti del filo di contatto con contrappesatura dello stesso garantivano comunque la continuità meccanica per il transito della rotella (qui tra Desio e Seregno)



E1.5 Dove necessario, la fune portante si interrompeva anche in piena linea, qui per esempio:



al sottopasso di Seregno sotto la ferrovia Seregno-Usmate



al sottopasso (attiguo al precedente) sotto la ferrovia Monza-Como



all'attraversamento della Nuova Valassina prima di Carate (la mensola più vicina è già di tipo nuovo)

E1.6 Con il pantografo (dal 1983), arrivarono le zampe di ragno (per la poligonazione) e gli isolatori in teflon (per la fune portante e talvolta anche per le astine di poligonazione in luogo delle zampe di ragno)

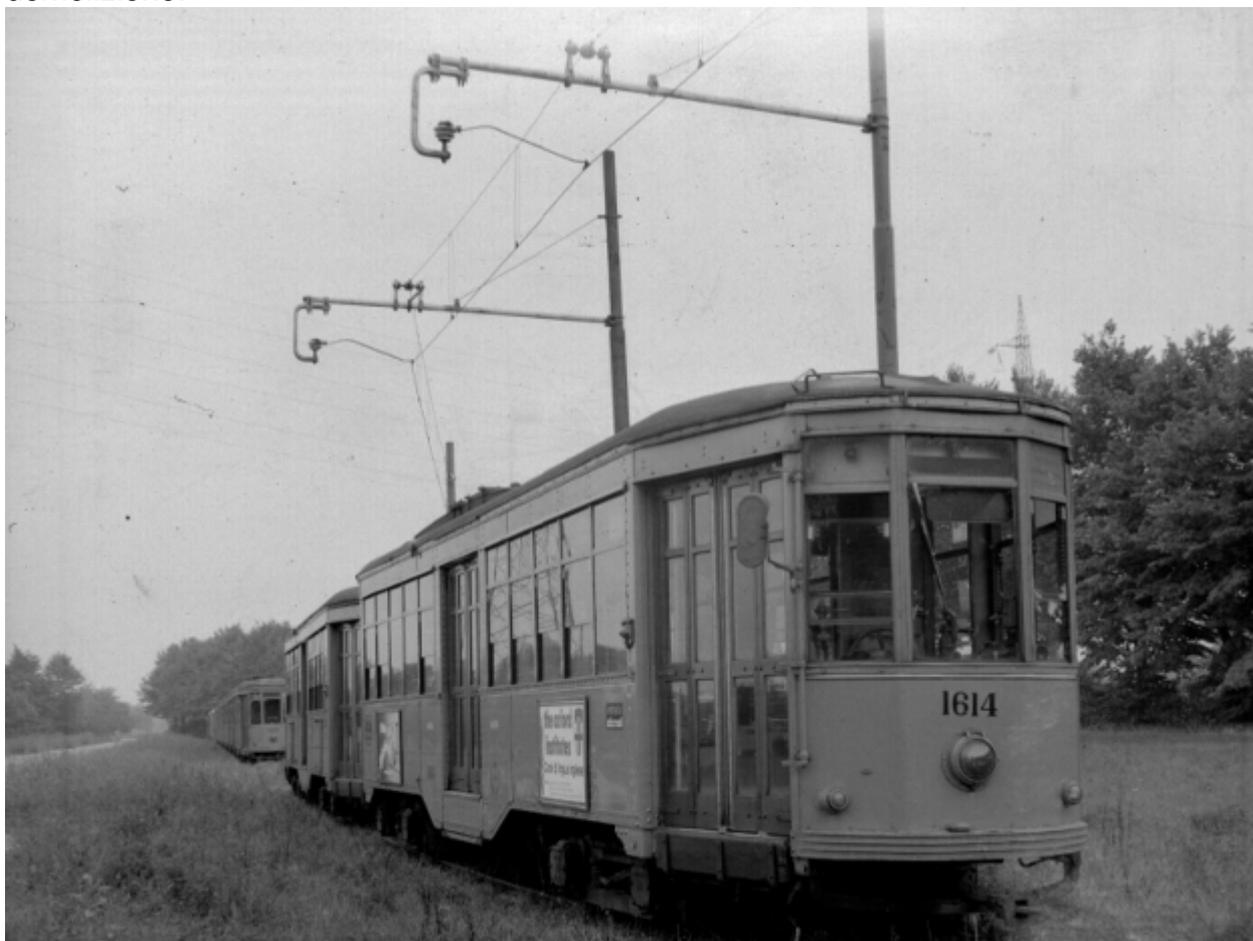


A Cusano Milanino



Tra Cusano Milanino e Calderara

E1.7 Nei primi anni settanta furono introdotti componenti simili a quelli ferroviari sul raccordo con la ditta Mauri di Desio, posato per l'allestimento delle vetture 4800 e utilizzato per l'ultima volta nel 1979 per l'accantonamento temporaneo (in attesa di completare il prolungamento dei binari del deposito di Desio) di vetture destinate alla demolizione.



E1.8 Nel 1982 erano già iniziati i lavori di trasformazione della linea da trolley a pantografo: qui si vede il raddoppio di Seregno parzialmente trasformato (gli scambi sono ancora quelli per trolley), lavoro inutile in quanto la tratta Desio-Carate fu soppressa nell'aprile 1982, prima dell'introduzione dell'uso del pantografo.



E1.9 Nell'epoca del pantografo, i pali furono riverniciati in colore bianco, certamente poco adatto ad integrare gli stessi nel contesto urbano



A lato dell'ospedale di Niguarda, in via Benefattori dell'Ospedale



All'ingresso dell'abitato di Niguarda, in via Graziano Imperatore

E2. Linee a 1200 V (a pantografo)

E2.1 La linea aerea negli abitati e nei depositi era ben diversa da quella a 600 V



Nell'abitato di Villa Fornaci vi era la stessa linea dei tratti interurbani



Nel deposito di Vimercate la linea era, come detto, diversa da quella a 600 V, anche se...



...all'interno dei capannoni erano in opera sospensioni TIBB (5.2.1) capovolte, e sulla curva che portava ai binari di sosta esterni vi erano anche "zampe di ragno" (14.2)

E2.2 Le tratte interurbane avevano la linea di contatto con filo poligonato; gli isolatori delle fune portante appaiono gli stessi delle linee a 600 V



Tra Gorgonzola e Villa Fornaci



Tra Villa Fornaci e Bettola



Tra Villa Fornaci e Bettola

E2.3 La linea per Vimercate ebbe, fin dalla sua elettrificazione, pali in cemento armato rimasti in esercizio, tranne sporadici casi di sostituzione, fino alla soppressione nel 1981



Via Bormio a Cologno Monzese, poco oltre Cascina Gobba (sullo sfondo la rampa del ponte sul naviglio della Martesana)



Il raddoppio sito nel comune di Monza, poco prima di Concorezzo



Tra Concorezzo e Vimercate

E2.4 Mensole e isolatori simili a quelli FS furono installati sia sulle tratte e sulle varianti costruite a completamento delle Linee Celeri dell'Adda (attuale M2 da Milano via Palmanova a Gorgonzola, aperta nel 1968), sia saltuariamente sulla vecchia linea; questa sostituzione a volte comprendeva i supporti della fune portante, altre volte no.



Capolinea in via Palmanova presso piazza Sire Raul



Cascina Gobba (il raddoppio arrivava fino a qui quando i binari provenivano da viale Padova - sullo sfondo - anziché da via Palmanova)



Presso il deposito di Gorgonzola nel 1979, la Linea Celere si innesta sulla vecchia linea che prosegue per Cassano (soppressa nel 1972) e per Vaprio (soppressa nel 1978)



La variante di Cascina Gobba realizzata nel 1972 per consentire il passaggio della tangenziale est, qui poco oltre quello che un tempo era il bivio tranviario di Cascina Gobba; sullo sfondo la Linea Celere, già divenuta M2



Il raddoppio di Villa Fornaci (visto provenendo da Vaprio), fino al 1972 bivio tra le linee di Vaprio e di Cassano



Il raddoppio presso Bettola



Il capolinea di Vimercate, appena all'esterno del deposito