Pagine tratte da "TRAZIONE ELETTRICA"
edizione CIFI 1964

X. — L. C. DEL SISTEMA TRIFASE

54. Schema elettrico. Abbiamo visto (par. 2) che nel sistema trifase i motori ad induzione dei locomotori sono alimentati a 3,7 kV e alla frequenza ferroviaria di 16,7 Hz.

Nello stesso paragrafo sono esposte varie caratteristiche del sistema, comparate alle analoghe del sistema a c.c.

E' stato anche detto che la distanza delle sottostazioni deve mantenersi ad una distanza di 15 ÷ 20 km per non aumentare eccessivamente la caduta di tensione, data la forte impedenza delle linee.

Infatti con 200 mm^2 di rame per ciascuna delle due fasi e con rotaie tipo FS 46^3 risulta, per 1 km di linea un'impedenza complessiva.

$$Z = 0{,}20\ \Omega$$

(dipendente dalle resistenze ohmica e dalla reattanza: Vol. II. 34) che dà una caduta di tensione unitaria di 0,20 V per A e per Km.

Dal secondario del trasformatore (fig. 108) della sottostazione escono le tre fasi che alimentano i motori di trazione.

Due delle fasi sono portate, attraverso appositi interruttori, dalla linea di alimentazione aerea ai due conduttori di contatto; la terza fase invece è collegata in cavo alle rotaie del binario di corsa.

In tal modo tra le due fasi aeree e tra queste e la rotaia esiste la tensione concatenata di 3,7 kV.

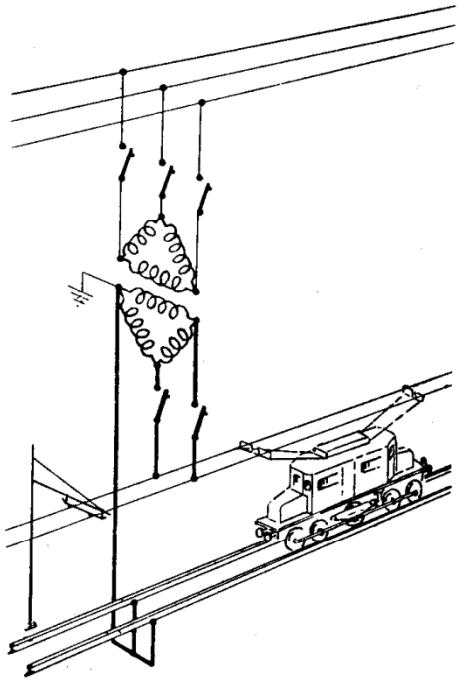

Fig. 108.

La corrente, attraverso i contatti fili-striscianti degli archetti e rotaie-ruote, raggiunge i motori dei locomotori.

Nella fig. 109 è rappresentato lo schema semplificato dei circuiti elettrici per una linea di contatto di una tratta di linea a doppio binario compresa tra due sottostazioni, con una stazione intermedia.

Tale schema è stato studiato in maniera tale da permettere di eseguire le revisioni periodiche degli impianti e la riparazione di guasti, senza intralciare eccessivamente l'andamento dei treni.

Per questa ragione, a mezzo di appositi sezionamenti, i binari dei piazzali delle stazioni vengono divisi in *zone* pari e dispari: i binari della zona dispari sono elettricamente e meccanicamente separati dai binari della zona pari. Solo chiudendo un *sezionatore di parallelo* (44 oppure 41) possono essere collegate fra loro elettricamente le due zone.

Anche in piena linea il binario dispari è completamente indipendente da quello pari.

I piazzali delle stazioni sedi di sottostazione sono alimentati attraverso i sezionatori 13 e 24. Altre due linee di alimentazione, dette scarti, vanno ad alimentare le due tratte di piena linea adiacenti alla stazione.

Nelle stazioni non sedi di sottostazioni la corrente arriva alle condutture di contatto dagli scarti attraverso i sezionatori 13 e 24; mentre gli scarti stessi, costituiti da uno o due conduttori in parallelo per ciascuna fase e montati su mensole fissate alla sommità dei pali, collegano le due tratte adiacenti di piena linea.

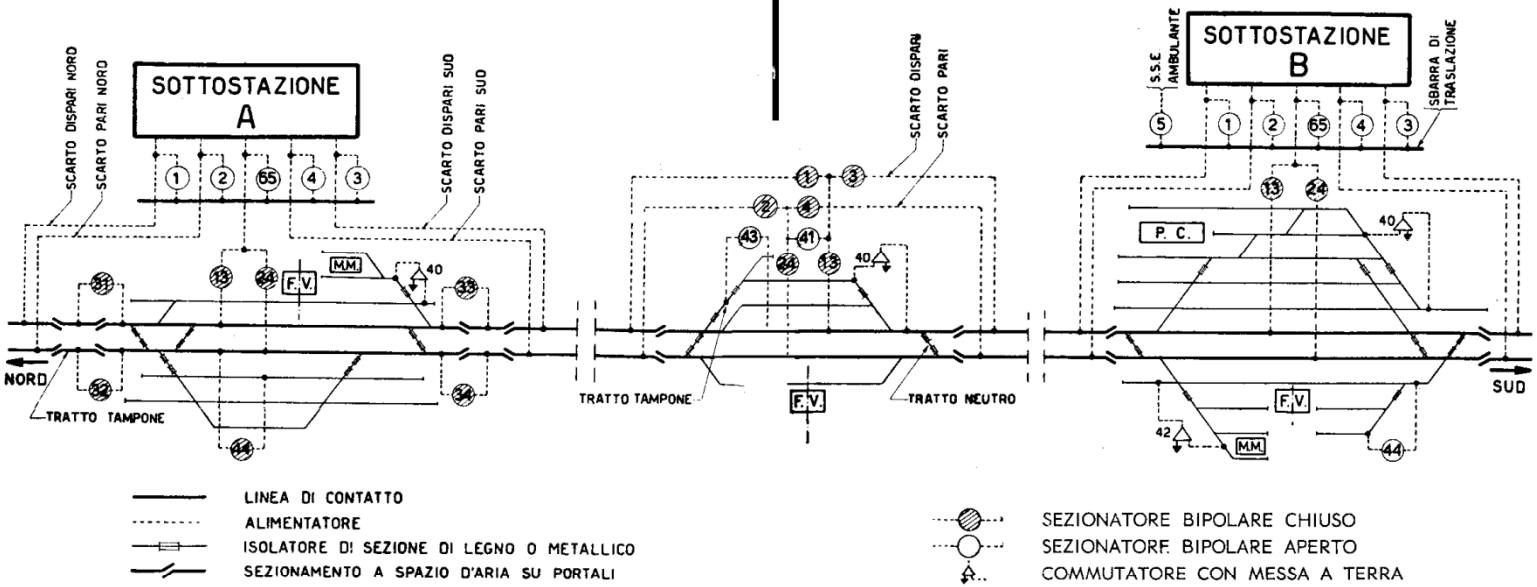

Fig. 109

Si dicono cioè in generale *scarti* quelle linee di alimentazione che non fanno parte delle condutture di contatto di stazione, cioè *scartano* la stazione.

E' quindi improprio, come si usa talvolta, chiamare scarti le tratte di linea di contatto compresa tra due stazioni.

Lo schema rappresentato in fig. 109 permette anche di soddisfare ad un altro dei requisiti richiesti per il regolare esercizio di una linea elettrificata: precisamente a quello di mantenere sempre la continuità elettrica tra due sottostazioni successive, anche in caso di disalimentazione di un qualsiasi tratto di linea compresa tra le due sottostazioni stesse.

Infatti, in piena linea, nel caso che sia fuori servizio

la conduttura di un binario, la continuità elettrica è stabilita dai fili dell'altro binario (chudendo i 41 delle stazioni limitrofe); mentre nelle stazioni la continuità tra le tratte adiacenti della piena linea è ottenuto con gli scarti, anche se le condutture dei binari della stazione stessa sono fuori servizio.

Nel caso di linea a semplice binario, volendo soddisfare alla suddetta condizione di continuità elettrica fra due sottostazioni in ogni circostanza, occorre impiantare una apposita conduttura (alimentatore), che corre parallelamente alla L.C. e alla quale viene collegata, attraverso sezionatori, in corrispondenza delle stazioni.

55. Palificazione. I pali impiegati in piena linea sono generalmente tubolari Mannesmann del tipo M 4 in rettifilo e M 5 in curva.

Negli impianti più recenti sono invece usati rispettivamente gli M 12 ed M 16.

Solo in alcuni impianti furono usati pali *a traliccio* del tipo 2 CNP 10 e 2 CNP 12.

Altri tipi di pali impiegati negli impianti più vecchi sono (fig. 28):

— *Bates*, ricavati da una trave a doppio *T* ad ali larghe con anima rinforzata sulla quale vengono fatti dei tagli; le ali, dopo aver scaldato la trave, vengono stirate e l'anima forma così una tralicciatura;

— *ovali* (o pali Z), a sezione vuota decrescente verso le estremità;

— *Differdingen* (o pali *D*), costituiti da semplici travi a doppio *T* ad ali larghe.

A differenza della piena linea, nelle stazioni i pali portano più di una sospensione: fino a quattro per lato. Inoltre spesso debbono anche sostenere in sommità gli scarti. Si usano perciò nelle stazioni tipi di pali più robusti e più alti.

56. Sospensione. Due sono i tipi di sospensione adottati nel sistema trifase: *trasversale* e *longitudinale* (oltre al tipo di galleria).

SOSPENSIONE TRASVERSALE.

Il tipo di *sospensione trasversale*, per rettifilo e per curva è rappresentato nella fig. 110.

Il nome deriva dal fatto che i conduttori sono sostenuti unicamente da apporecchiature montate sulle mensole e quindi *trasversalmente* alla direzione dei binari.

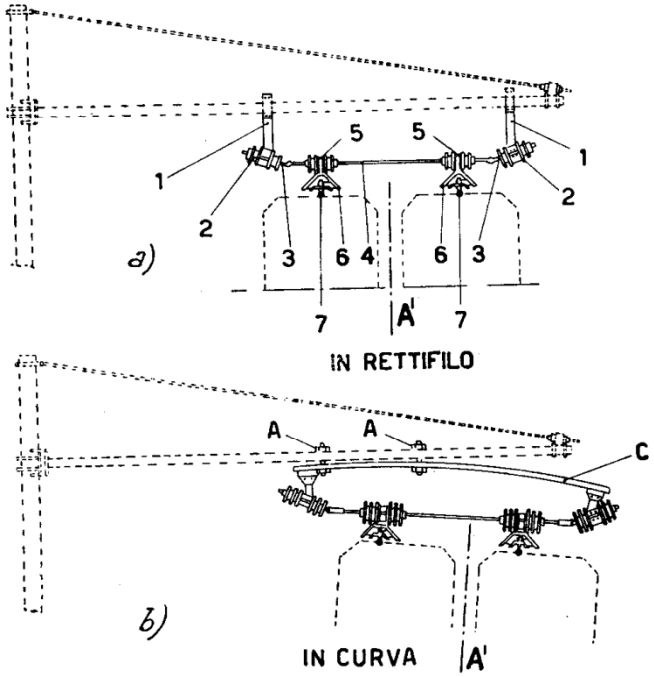

Fig. 110.

Alle mensole (fig. 110 - *a*) sono fissate due staffe 1 portanti alle loro estremità un isolatore a rocchetto 2. In ogni isolatore è infilato un perno terminante ad occhiello 3. Ai due occhielli è collegato, per mezzo di due anelli terminali, e quindi non rigidamente, un

tubo di acciaio 4 al quale sono fissati altri due isolatori a rocchetto 5 portanti due intelaiature snodate a maglia 6 (fig. 111). Ogni intelaiatura a maglia porta morsetti semplici o doppi (a seconda che si abbiano uno o due conduttori per fase) che serrano i fili di contatto 7, generalmente del tipo sagomato (par. 46).

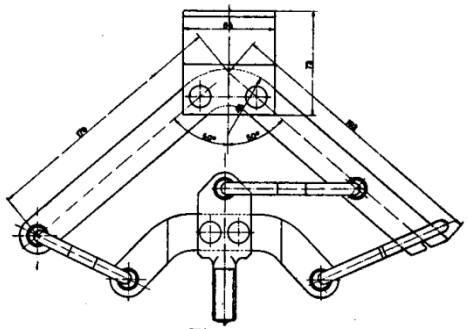

Fig. 111.

Caratteristiche della sospensione trasversale sono: il doppio isolamento di ogni conduttore sia verso quello dell'altra fase, che verso le parti metalliche delle sospensioni; possibilità di piccoli spostamenti verticali dei conduttori nel punto di sospensione; facilità di spostamento, sul tubo di sospensione, dei due isolatori portanti la maglia per formare la poligonazione dei fili di contatto.

Nella sospensione per curva (fig. 110 - *b*) il tubo di sospensione, invece che con le staffe, è collegato alla mensola per mezzo di un ferro *C* piegato ad arco. Variando opportunamente i punti di attacco *A* dell'archetto alla mensola, si possono portare i conduttori su un piano inclinato parallelo al piano di rotolamento del binario FF' (fig. 84), che, come sappiamo, in curva, a causa della sopraelevazione (par. 41) non è orizzontale.

Con questo tipo di sospensione la campata non può superare la lunghezza di 35 metri. Difatti i conduttori, in una campata di tale lunghezza, anche se tesati con un tiro di 1000 kg., si dispongono secondo una *catenaria*, che, alla massima temperatura che può verificarsi nella zona attraversata dalla linea, può presentare una *freccia* di circa 50 cm a metà campata. In queste condizioni il trolley, per l'alta velocità e per la sua inerzia, difficilmente può seguire l'andamento dei conduttori e immediatamente prima del punto di sospensione può perdere il contatto con essi, provocando, all'atto del distacco, un dannoso scintillio.

All'atto poi della ripresa del contatto, immediatamente dopo la sospensione, lo strisciante dell'archetto dà un colpo violento contro i conduttori, che a lungo andare possono anche spezzarsi in questo punto.

L'inconveniente è sempre notevole, anche se attenuato dalla cedevolezza della conduttura sotto la pressione costante del trolley (kg 6 per archetto); la quale cedevolezza, di qualche centimetro sotto sospensione, cresce in piena campata con la diminuzione del tiro che si verifica in estate per l'aumento della temperatura.

Si spiegano quindi i vantaggi dell'adozione della sospensione longitudinale.

La sospensione trasversale è però costantemente adottata nelle linee di montagna che, presentando curve frequenti, richiedono una campata di lunghezza ridotta e velocità dei treni non molto elevate.

Inoltre la sospensione trasversale è adottata di regola nelle stazioni perchè, a causa della presenza degli scambi, con le sospensioni longitudinali si avrebbero delle apparecchiature troppo complesse.

SOSPENSIONE LONGITUDINALE.

Questa sospensione si dice longitudinale perchè i fili di contatto sono sostenuti da un altro conduttore detto *portante*, che corre nella stessa direzione dei binari, cioè *longitudinalmente* ad essi (fig. 112).

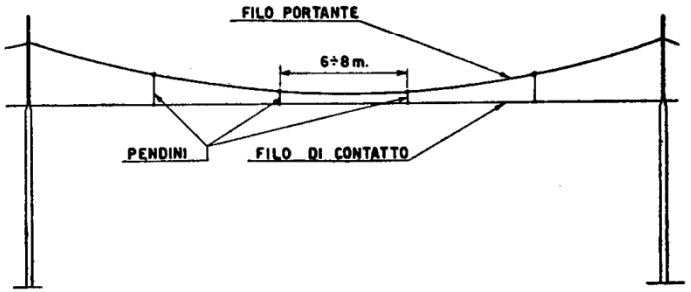

Fig. 112.

Le apparecchiature sono uguali a quelle impiegate nel tipo trasversale, con l'aggiunta di altre parti necessarie per il sostegno delle condutture portanti.

Nella sospensione tipo *A* (fig. 113) i fili portanti passano *al disotto* della mensola, e sono fissati a mor-

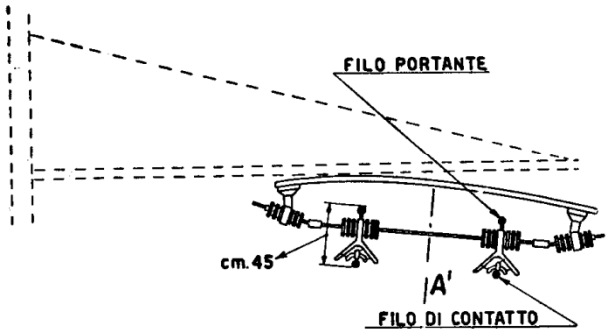

Fig. 113.

setti portati da un perno collegato al mezzo collare superiore dell'isolatore a rocchetto; nel tipo *B* (fig. 114),

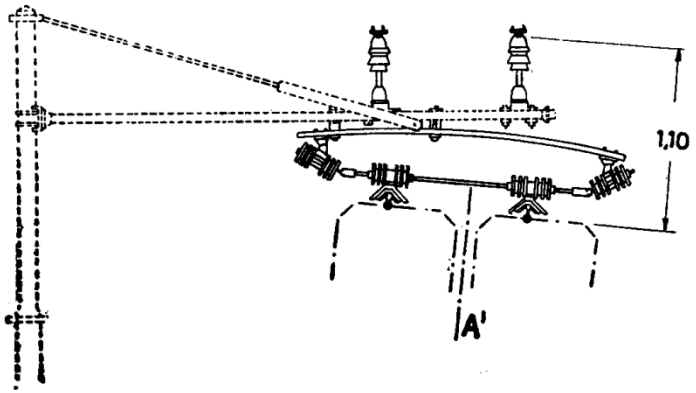

Fig. 114.

invece, passano *al disopra* della mensola e sono fissati alla cappa di un isolatore a doppia campana tipo *I* 489 (fig. 115).

Il conduttore portante, di filo di rame tondo del diametro di 11,5 millimetri, sostiene, per mezzo di *pendini* di rame del diametro di 5 mm terminanti con un morsetto ed opportunamente distanziati, i conduttori di contatto in filo sagomato del diametro di 11,8 millimetri.

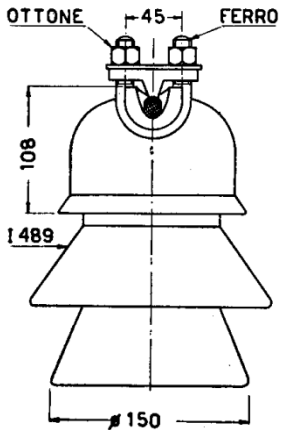

Fig. 115.

Con la sospensione di tipo *A*, essendo la distanza tra conduttore portante e di contatto, nel punto di sospensione di soli 45 cm, la campata massima non può superare la lunghezza di 35 m; mentre con la sospensione di tipo *B*, essendo tale distanza, nello stesso punto, di m 1,10, la campata massima in rettifilo può raggiungere anche i 50 m.

Si ottiene così una notevole economia nell'impiego dei materiali, diminuendo il numero dei pali e le relative apparecchiature occorrenti per ogni chilometro di linea.

Con la sospensione longitudinale ci si avvicina notevolmente alla condizione ideale di avere il filo di

contatto ad altezza costante sul piano di rotolamento del binario (par. 39).

In particolare, adottando la sospensione tipo *B* e regolando l'altezza dei pendini in modo da avere il filo di contatto parallelo al piano del ferro alla temperatura media, si può arrivare a limitare il dislivello tra punto di sospensione e il punto a metà campata a solo 16 cm (verso l'alto o verso il basso) contro i 50 cm della sospensione trasversale.

E' chiaro che la sospensione longitudinale è la più indicata per le curve a grande raggio e per velocità elevata.

SOSPENSIONE IN GALLERIA.

La fig. 116 rappresenta il tipo di *sospensione di galleria*. In essa una traversa 1 collegata alle estremità, mediante dadi, alla parte sporgente filettata di due grappe di rame 2 murate nel volto della galleria, porta due

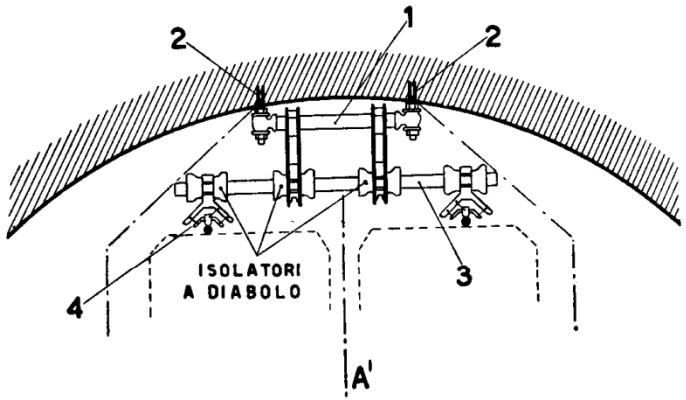

Fig. 116.

staffe alle quali è sospeso, attraverso due isolatori tipo *a diabolo*, il tubo di sospensione 3 pure di rame. Alle estremità di questo tubo altri due isolatori dello stesso tipo portano le intelaiature snodate a maglia 4 per il sostegno dei conduttori di contatto.

Agendo sui dadi che collegano le traverse alle grappe, si possono portare i conduttori di contatto in un piano sempre parallelo al piano del ferro.

57. Poligonazione. La *poligonazione* dei conduttori, cioè il loro andamento nel piano di contatto, è rappresentato in fig. 117.

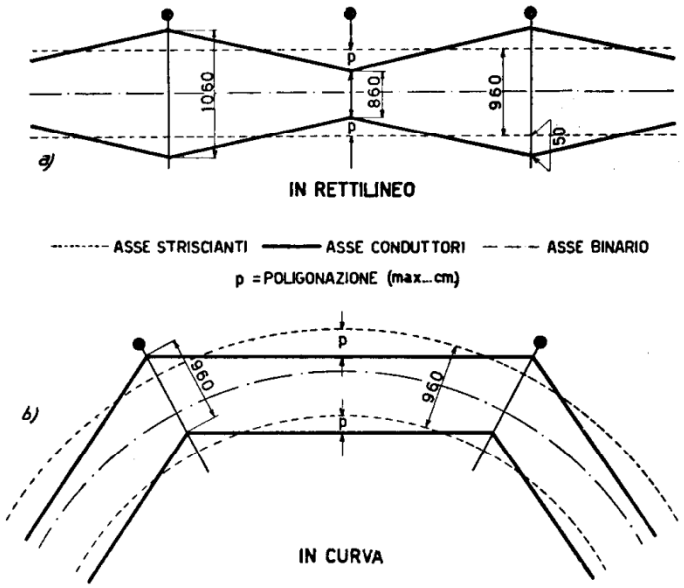

Fig. 117.

Come detto essa ha lo scopo di rendere più uniforme il consumo della parte strisciante degli archetti, che invece avverrebbe in un sol punto se i fili seguissero perfettamente l'andamento dell'asse del binario.

Essi invece vengono disposti a zig-zag, e precisamente in rettifilo (fig. 117-*a*) passando da un campata alla successiva, si discostano di 50 mm dagli assi degli striscianti nel punto di sospensione, una volta verso l'interno e una volta verso l'esterno.

Essendo la distanza fra gli assi degli archetti di 960 mm, quella tra i conduttori delle due fasi è, quindi, alternativamente di 860 e 1060 mm, nel passaggio da una sospensione a quella successiva. In conseguenza la zona dello strisciante, interessata dal contatto con i fili, assume una larghezza di 100 mm su ciascun archetto.

In curva (fig. 117 - *b*) i conduttori vengono poligonati esterni perchè, mentre essi tra una sospensione e la successiva seguono un andamento rettilineo, l'archetto del locomotore segue invece quello curvilineo del binario. In tal modo il contatto avviene lungo una zona dello strisciante, la cui larghezza dipende dal raggio delle curve e dalla lunghezza della campata, ma che non supera mai i 100 mm.

In curva la distanza tra i fili è sempre di 960 mm.

58. Scambi. Le attrezzature degli scambi debbono essere tali che:

— il transito dei locomotori sotto gli scambi av-

venga senza riduzione della velocità ammessa per la linea e senza interruzione della corrente assorbita;

— ogni archetto di presa di corrente non si avvicini troppo al filo più prossimo di fase diversa, per evitare corto circuiti;

— ogni archetto debba sempre essere guidato da almeno un filo per evitarne la fuoriuscita;

— la zona di contatto tra filo e strisciante dell'archetto non debba andare normalmente oltre 20 cm da un lato e dall'altro della mezzeria dell'archetto stesso.

In corrispondenza degli scambi trifasi la linea non è elastica: essa è fissata rigidamente agli isolatori, senza intelaiatura a maglia, e non cede quindi sotto la spinta degli archetti.

Scambio semplice.

In fig. 118 è rappresentato l'andamento dei fili in uno scambio semplice e la relativa pianta.

Esso è costituito:

— da due sospensioni speciali denominate *ponte grande* (posto in prossimità del cuore) e *ponte piccolo*, alla distanza di 8 metri una dall'altra. Tra i due ponti mancano i fili delle fasi interne, che altrimenti si intersecherebbero in corrispondenza del cuore dello scambio provocando il contatto tra due conduttori di fase diversa;

— dai conduttori delle due fasi esterne R_1 R_0 R_3 e V_1 V_0 V_3 ai quali sono affiancati i *fili ausiliari* per poter formare la poligonazione, qualunque sia il ramo dello scambio percorso;

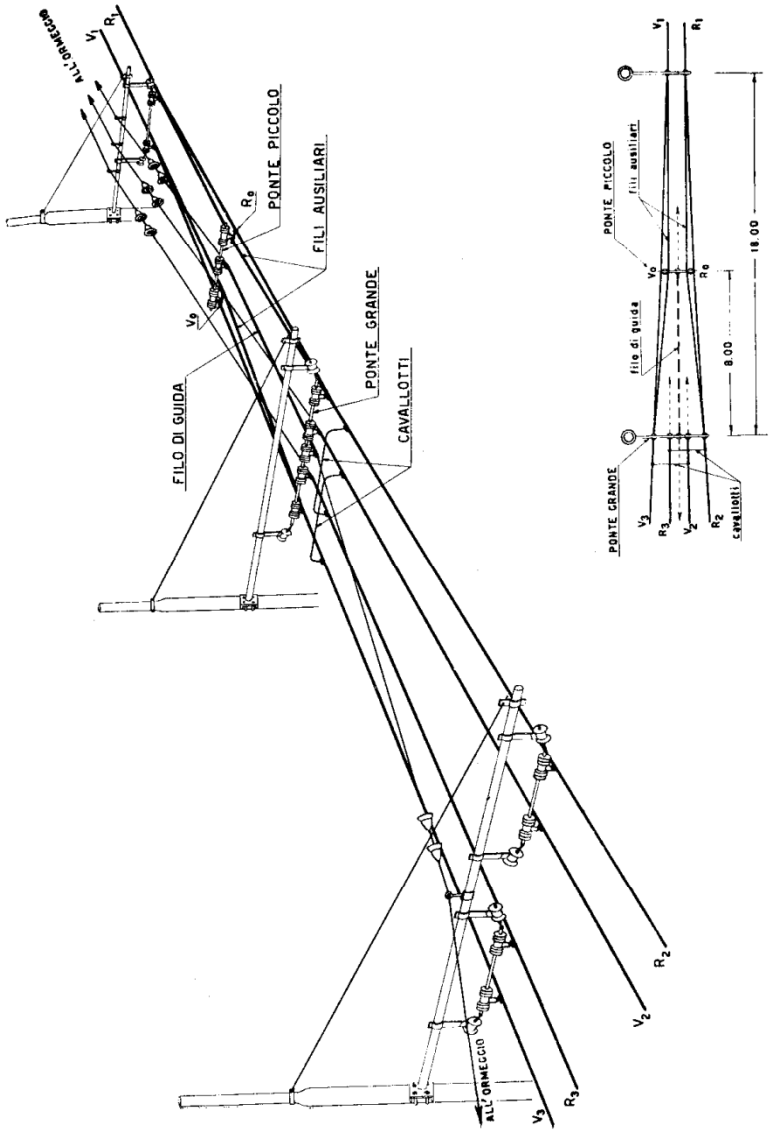

Fig. 118.

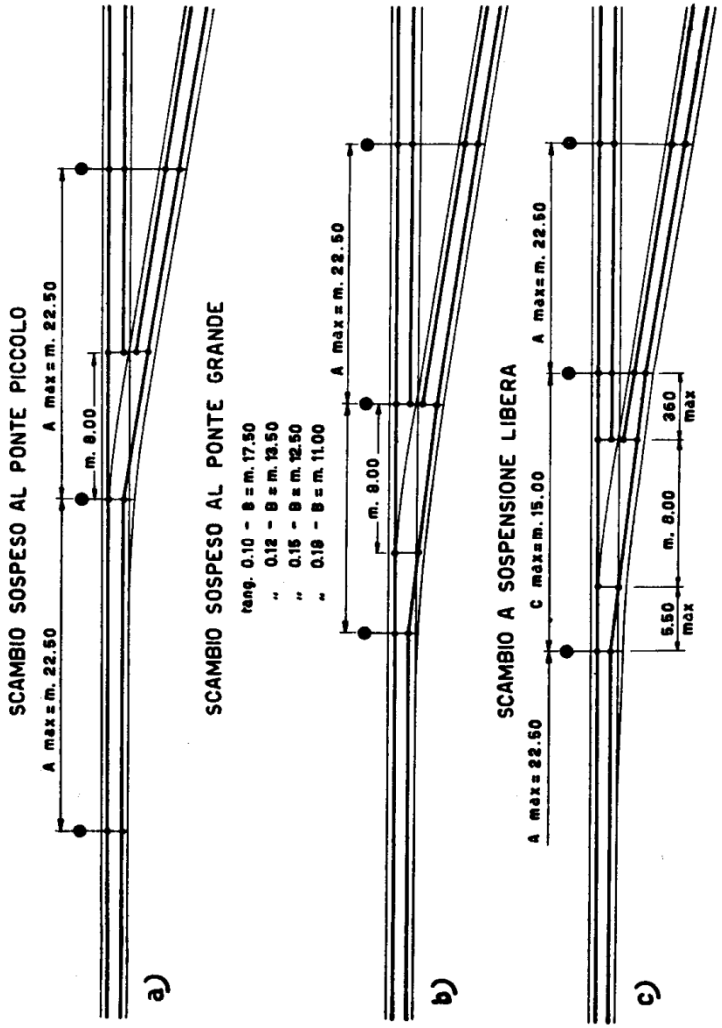

Fig. 118 - *bis*

— da un *filo di guida* disposto lungo la mezzeria longitudinale dello scambio;

— da due *cavallotti* di filo di rame che assicurano, subito dopo il ponte grande, la continuità elettrica ai due fili interni interrotti.

Per la stabilità delle apparecchiature almeno uno dei due ponti deve essere sostenuto da una mensola.

In fig. 118 - *bis* sono indicati gli scambi semplici dei tipi più in uso con l'indicazione delle possibili disposizioni dei sostegni e delle distanze ammesse fra i medesimi.

Scambio inglese.

In fig. 119 è rappresentato l'andamento dei fili di uno scambio inglese ed in fig. 120 la relativa pianta con il tracciato schematico dell'armamento.

L'apparecchiatura di questo scambio è di massima uguale a quella di due scambi semplici, con i due ponti grandi in corrispondenza dei cuori estremi dello scambio stesso, e i due ponti piccoli in posizione intermedia tale che sia assicurata la normale alimentazione ad entrambi gli archetti del trolley.

Il filo di guida, applicato agli isolatori centrali dei 4 ponti serve di guida agli archetti delle fasi interne.

Gli scambi inglesi sono sostenuti da mensole in corrispondenza dei ponti grandi, oppure come in fig. 119, della traversa centrale.

Nelle zone comprese tra i ponti grandi e i ponti piccoli, solo uno dei due archetti può essere alimentato — è cioè *in presa* — in quanto l'altro striscia sul filo di guida che è isolato ai suoi estremi.

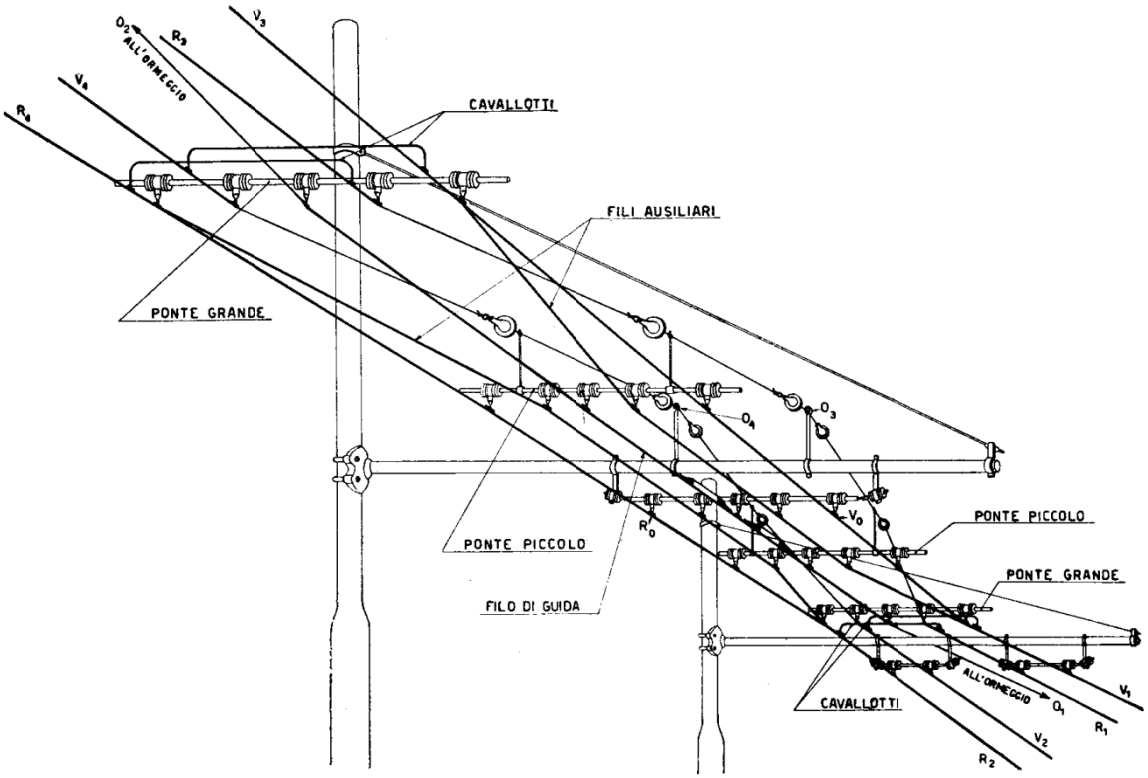

Fig. 119.

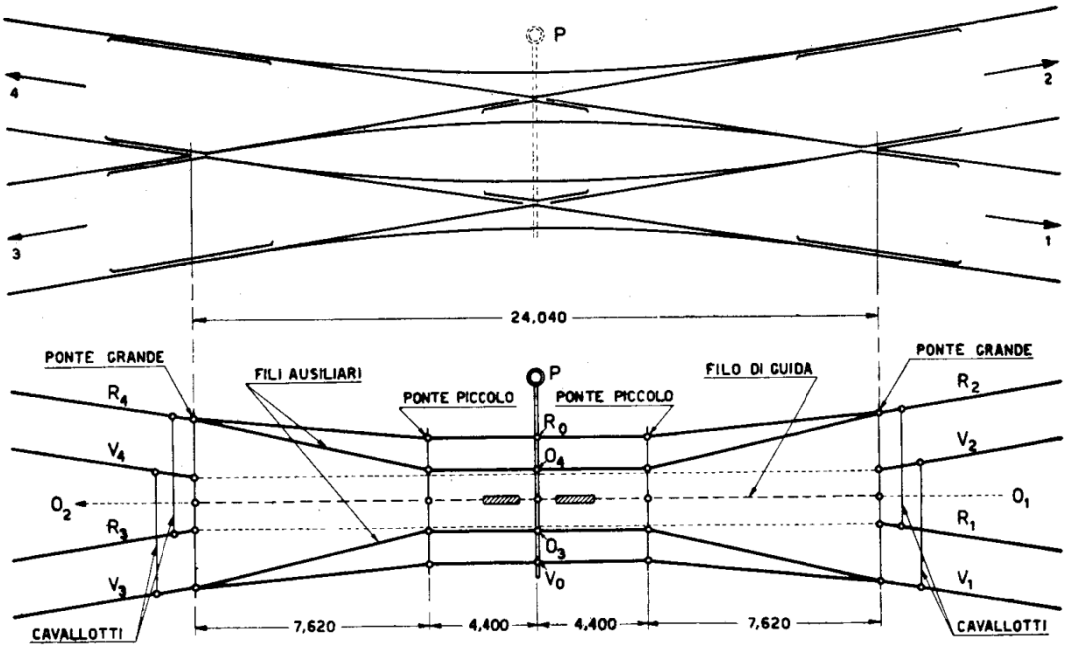

Fig. 120.

Nella zona centrale, compresa tra i due ponti piccoli, gli archetti sono invece ambedue alimentati.

Un locomotore però che transita sotto lo scambio con i due trolley alzati, non può risentire alcuna interruzione di corrente, perchè le due zone isolate sono di lunghezza inferiore alla distanza fra i due trolley, mentre la zona centrale, di alimentazione come ora detto, è di lunghezza alquanto superiore.

Però il filo di guida deve essere isolato al centro dello scambio mediante l'inserzione di una coppia di isolatori di sezione di legno: per evitare il corto circuito che verrebbe formato dagli archetti dei trolley di un locomotore che viene a trovarsi a metà dello scambio stesso percorrendo la traversata. Infatti in tale posizione uno degli archetti del trolley anteriore è guidato dallo stesso filo che guida l'archetto di fase differente del trolley posteriore.

In fig. 121 sono indicate alcune posizioni caratteristiche degli archetti in corrispondenza di un itinerario deviato *A B* e di una traversata *C B*.

59. Sezionamenti - Tratti tampone. Nei primi impianti il sezionamento tra le condutture di stazione e quelle di piena linea era ottenuto con un *isolatore di sezione di legno* composto di due listelli di legno a fibre compatte, imbevuti di sostanze isolanti e opportunamente inseriti nel tratto di interruzione della conduttura di contatto (1).

(1) Sono anche in uso isolatori in *petralit*: materiale costituito da miscela di cemento e amianto ed impregnato di sostanze dielettriche, impermeabile isolante od antiarco, ma fragile.

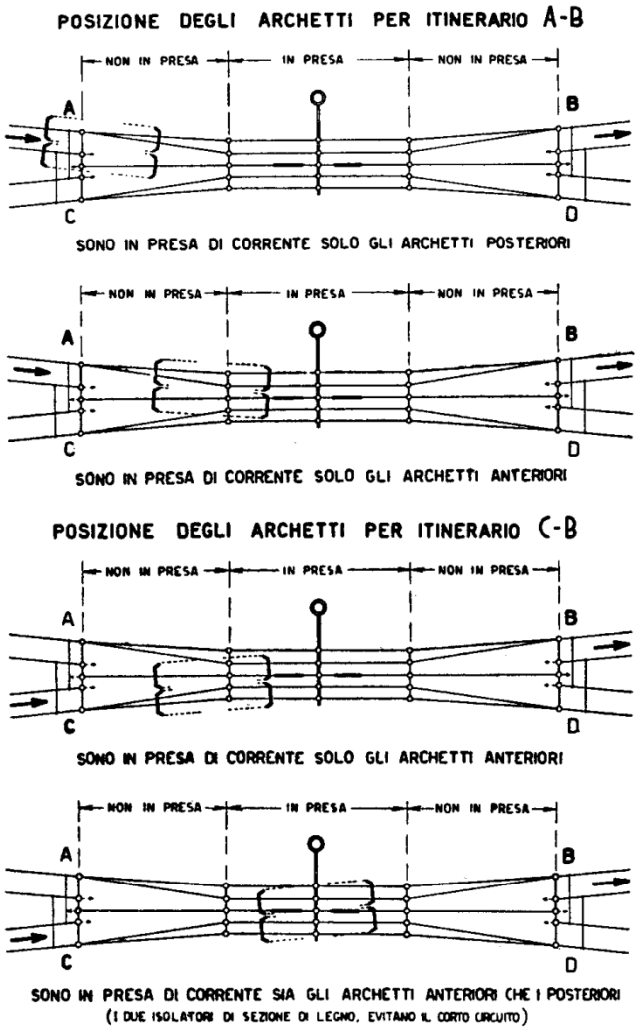

Fig. 121.

Negli impianti più recenti, dato che il sezionatore di legno subisce una rapida usura, si passò al tipo di *sezionamento a spazio d'aria.*

Nella figura 123 si vede che esso è realizzato in 5 campate. Nella campata centrale *A* le due condutture di stazione e di piena linea corrono parallele e sullo stesso piano, con i fili delle fasi corrispondenti distanti 25 centrimetri uno dall'altro e quindi contemporaneamente a contatto con lo strisciante dell'archetto, la cui zona utile è di 66 centimetri.

Dopo tale campata, verso la piena linea, i conduttori della stazione si sollevano gradatamente e vanno ad ormeggiarsi, dopo due campate, ad un apposito palo. Analogo andamento seguono i conduttori della piena linea, proseguendo dalla campata centrale verso la stazione.

Da notare che per la conduttura di piena linea i fili di contatto sono due per ciascuna fase, mentre per quella di stazione si ha spesso un solo filo per fase.

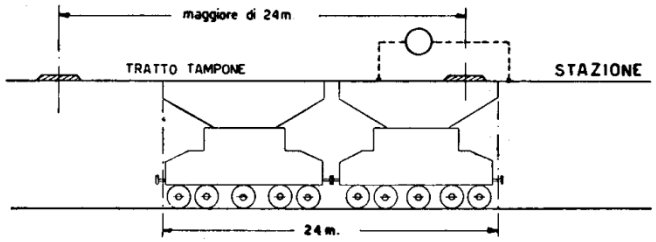

Fig. 122.

Un inconveniente, grave specialmente per la sicurezza delle persone, veniva però a crearsi, sia con l'adozione dell'isolatore di sezione di legno che di quello a

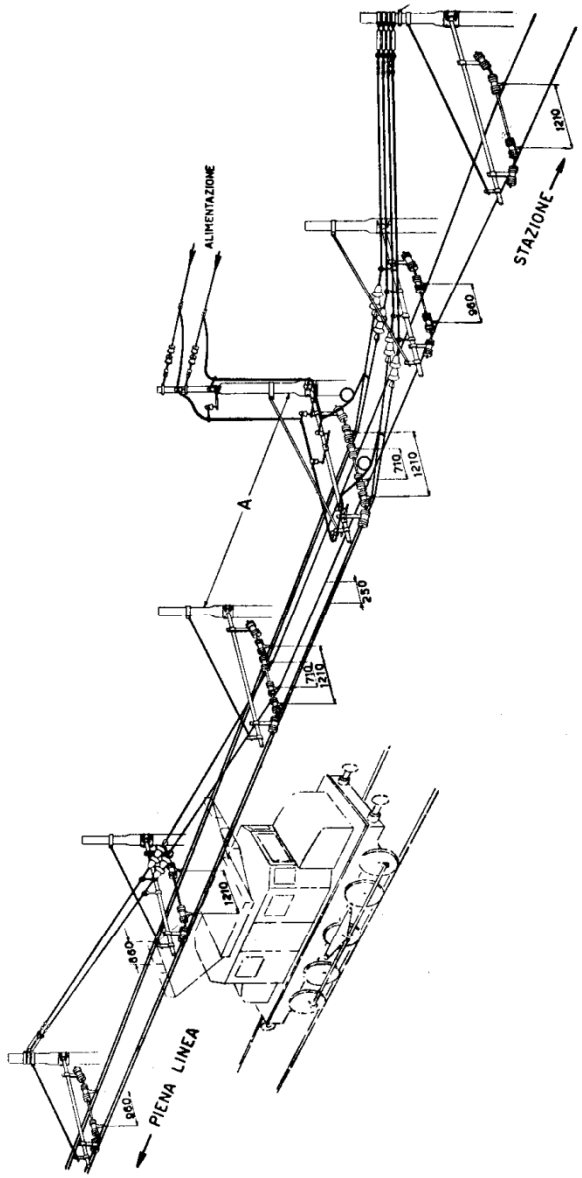

Fig. 123.

spazio d'aria, al momento del passaggio di un locomotore, con i trolley alzati, sotto i tratti di sezionamento.

Nel locomotore trifase la distanza tra le due coppie di archetti (collegati fra loro elettricamente), anteriore e posteriore varia con i tipi di locomotore con l'altezza della linea; può anche arrivare a m 8,60.

Essendo invece la lunghezza dell'isolatore di sezione inferiore a tale misura, — nel caso anzi di sezionamento a spazio d'aria rimanendo i conduttori di stazione e di piena linea, di ogni fase, a contatto con lo stesso archetto lungo tutta la campata — si stabiliva, al passaggio del locomotore, la continuità elettrica tra conduttore di piena linea e di stazione. Derivava da ciò che una qualsiasi delle due condutture, per es. quella di stazione, disalimentata per revisione o per altra causa, veniva messa improvvisamente in tensione al passaggio del locomotore dalla conduttura di piena linea.

Per ovviare a tale inconveniente la separazione fra conduttura di stazione e di linea fu fatta con il *tratto tampone* (fig. 122). Esso consiste in un breve tratto di linea, interposto tra le condutture di stazione e quelle di piena linea e isolato da esse: generalmente, da una parte con un sezionatore di legno e dall'altra con sezionamento a spazio d'aria.

Il tampone è normalmente disalimentato, ma è predisposto un sezionatore, che può alimentarlo dalle condutture di stazione, da chiudere soltanto per far ripartire un locomotore che si fosse accidentalmente fermato sotto il tampone.

La lunghezza del tampone deve essere in ogni caso maggiore di 24 metri, essendo questa la distanza che intercorre tra gli archetti estremi di due locomotori accoppiati.

Le zone di stazione sono invece separate fra loro, in corrispondenza delle comunicazioni, semplicemente da *tratti neutri* (cioè da tratti tampone non alimentati) lunghi soltanto 9 metri, sotto i quali, però, si prescrive che, durante i periodi di revisione, non possa passare più di un locomotore con gli archetti in presa.

I *sezionatori bipolari Fantini* (fig. 124), che per-

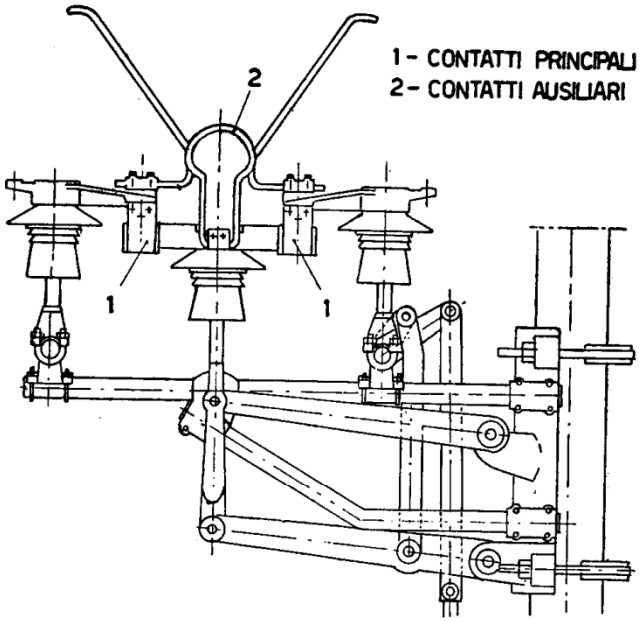

Fig. 124.

mettono di eseguire tutte le manovre di alimentazione e disinserzione delle varie zone di stazione (par. 54), sono costituiti ognuno da due sezionatori unipolari identici accoppiati meccanicamente: uno per ognuna delle due fasi aeree. Vengono comandati contemporaneamente con una sola manovra.

Ogni sezionatore unipolare è costituito da tre isolatori a campana: i due esterni portano sulle cappe le pinze dei contatti fissi e le corna spegniarco; il terzo porta l'equipaggio mobile ed i contatti ausiliari, formati da due spezzoni di filo, opportunamente sagomati che scorrono fra le estremità inferiori delle corna.