



TRIFASE STORY

UNA SINTESI STORICA DELLA TRAZIONE TRIFASE: GLI ESPERIMENTI DELLA VALTELLINA, I "MULI" DEI GIOVI, LE RAMPE DELLA "PORRETTANA", LE GALOPPATE DELLE E.431, LA FREQUENZA INDUSTRIALE. RIVIVIAMO I MOMENTI PIÙ BELLI DI QUESTE MACCHINE CON UN ECCEZIONALE SERVIZIO FOTOGRAFICO.





P. BEJUI

Ormai da dieci anni il sistema trifase italiano non è che un ricordo. Nella memoria di chi lo ha conosciuto sono certamente ancora vive le immagini di quelle strane locomotive "sbuffanti" che correvano con i loro robusti biellismi sotto il bifilare aereo. La storia della trifase in Italia è storia di successi e di sconfitte. Negli ultimi anni di esercizio sulla linea di Savona e sulle linee Cuneo-Limone, Asti-Acqui e Alessandria-S.Giuseppe di Cairo, la visione di impianti e macchine ormai logori e segnati dal tempo non era che il segno più evidente dell'inadeguatezza ai tempi di un sistema di trazione, che oltre sessant'anni prima aveva risolto, sbalordendo i tecnici di tutti il mondo, il delicato problema delle linee di valico, ma che ormai non aveva più futuro. Tecnologicamente il sistema trifase italiano si era fermato agli anni Venti con la nascita delle E.554 ed E.432, e già nel 1932 il governo fascista lo aveva di fatto accantonato elaborando un vasto programma di elettrificazioni con il sistema a corrente continua 3.000 V. Da allora il declino è stato lento ma inesorabile. Oggi, a un decennio di distanza dalla conversione in corrente continua dell'ultima linea trifase, le doti del semplice e robusto motore asincrono trifase nella trazione ferroviaria sono tornate alla ribalta anche in Italia grazie ai progressi tecnologici dell'elettronica di potenza, che stanno aprendo nuove possibilità per l'alimentazione e la regolazione di questi motori, segno che le scelte operate nei primi anni del secolo dai tecnici FS, pur con tutti i limiti costruttivi che la tecnologia di allora imponeva, erano quelle giuste.



P. BEJUI

In alto L'E.432.024 in corsa tra Asti e Acqui Terme nel dicembre 1974.

Al centro Due E.432 si incrociano ad Acqui Terme, un punto di ritrovo abituale per la trifase. Siamo sempre nel dicembre del 1974. In basso Dieci anni prima, nel mese di settembre del 1964, sulla Riviera Ligure si potevano ancora vedere doppie trazioni come questa, con due E.431 nei pressi di Spotorno.



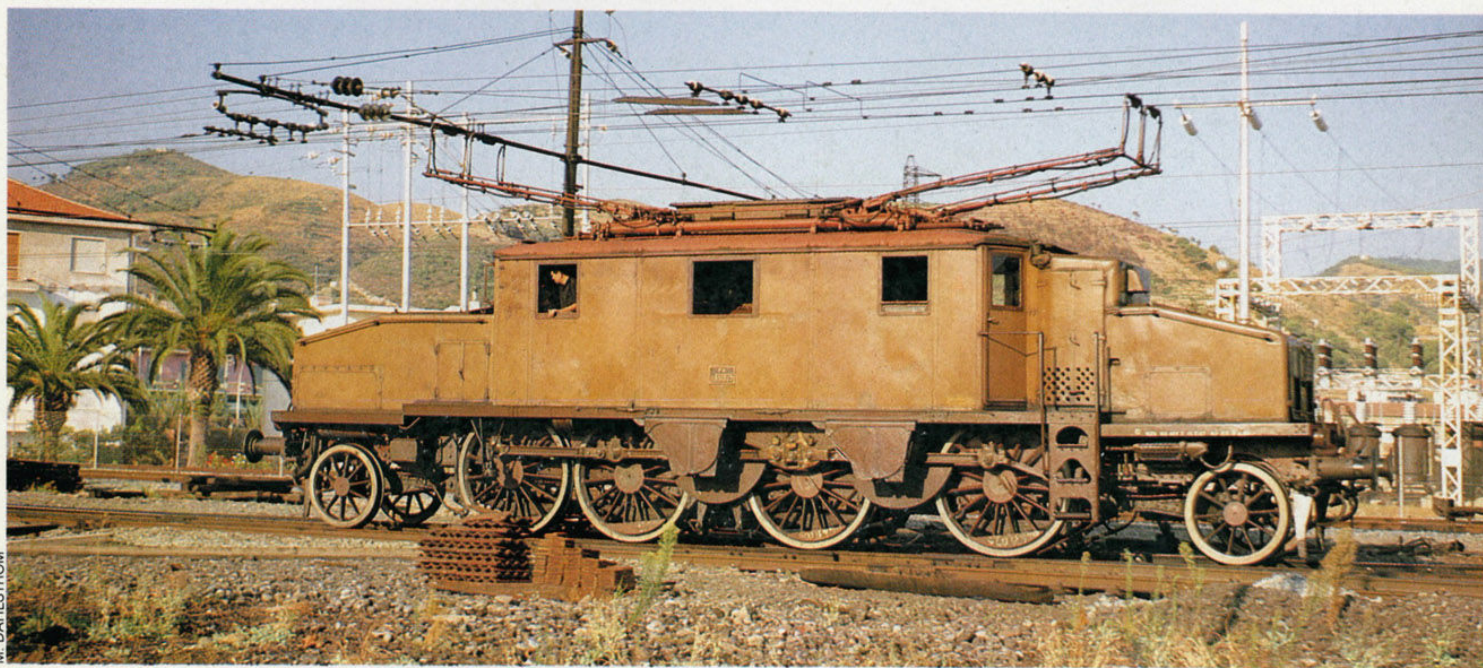
M. DAHLSTRÖM

Nella pagina precedente

Un'E.431 in testa a un locale Alessandria-Savona presso Merana nell'agosto del 1972.

Il poster

L'E.431.014 sosta a Borgo S. Dalmazzo con un locale Limone-Cuneo nell'agosto del 1972.



La nascita

Di trazione trifase sulle ferrovie italiane si cominciava a parlare concretamente nell'autunno del 1902, quando su una linea della Rete Adriatica, la Lecco-Sondrio (con diramazione Colico-Chiavenna) veniva ufficialmente inaugurato l'esercizio a trazione elettrica trifase con tensione di 3.000 V e frequenza di 15 Hz. Questa realizzazione, affidata ai tecnici ungheresi della Ganz di Budapest, faceva parte di una serie di esperimenti voluti dal nostro Governo per valutare le concrete possibilità dell'energia elettrica nella trazione ferroviaria, anche in considerazione del fatto che l'Italia doveva dipendere quasi completamente dall'estero per gli approvvigionamenti di carbone. Dei tre sistemi sperimentati, trazione ad accumulatori, trazione in corrente continua con alimentazione a 650 V tramite terza rotaia e trazione trifase ad alta tensione con alimentazione da linea aerea, l'ultimo risultava ben presto il più convincente, anche perché non si parlava ancora di corrente continua ad alta tensione per i gravi problemi di isolamento e commutazione legati all'impiego di motori con collettore a lamelle. L'esercizio era assicurato da due locomotive RA 341 e 342 (poi E.430 FS) e da

dieci elettromotrici di aspetto molto simile a normali carrozze a carrelli, che entreranno nel parco FS come gruppi E.1 ed E.2. Tutto il materiale era di costruzione Ganz. Le due locomotive formeranno nella storia della trifase un caso per molti aspetti unico, grazie alla cassa costituita da due elementi (ciascuno con due assi) con snodo centrale, e alla trasmissione di tipo Gearless di derivazione americana (senza ingranaggi, né biellismi). Era invece già previsto il reostato a liquido che, brevettato dall'ing. Kando della Ganz, rimarrà con qualche perfezionamento una caratteristica originale delle nostre locomotive trifasi. Con le tre locomotive costruite pure in Ungheria nel 1904 con rodiggio 1'C1' (RA 360, poi E.360 FS), si arriva alla concezione classica: cassa unica con avancorpi, due motori di trazione (al posto dei quattro delle E.430), trasmissione con biella triangolare (ideata da Kando) e carrelli portanti alle estremità. Tali locomotive nel 1906 finivano in servizio tra Briga e Iselle attraverso i 19,8 km della Galleria del Sempione, inaugurata il 19 maggio di quell'anno con trazione elettrica trifase, soluzione che era stata proposta agli Svizzeri dai tecnici delle ferrovie italiane e da quelli della Ganz. La definitiva consacrazione del nuovo sistema avveniva però sulle linee di

In alto **Fino al 1967 la rimessa di Ventimiglia offriva spettacoli del genere con E.431, E.432, E.554 ed E.333 in parata. Settembre 1964.**
In basso **Primo piano sulla E.431.025 in sosta a Ventimiglia. Settembre 1964.**



M. DAHLSTRÖM



M. DAHLSTRÖM

In alto **Passiamo sulla linea del Brennero** dove quattro E.554, riprese nei pressi di Bressanone, stanno scendendo fuori servizio a Bolzano. Gennaio 1962.

In basso **Sempre a Bressanone un'E.432 in testa al treno 2108** inizia ad affrontare la lunga rampa che porta al Brennero. Siamo sempre nel mese di dicembre del 1962.

Nella pagina seguente

In margine alle FS... L'E.440.2 della Ferrovia Alta Valtellina (FAV) è in testa ad un accelerato Sondrio-Tirano. La sua livrea nera era caratteristica anche delle trifasi FS prima della seconda guerra mondiale. Agosto 1964.

valico della rete ligure-piemontese qualche anno dopo. Le pendenze del 30 per mille del Fréjus, del 26 per mille della Ceva-Savona e il 35 per mille dei Giovi imponevano limitazioni sempre più pesanti al traffico (soprattutto merci) a causa dell'esercizio a vapore. Alle composizioni limitate dalle non certo entusiasmanti prestazioni dei mezzi, si aggiungeva la necessità di distanziare maggiormente i treni tra loro per smaltire il fumo nelle lunghe gallerie. Le neonate Ferrovie dello Stato (istituite nel 1905) tentarono la carta della trifase sulle due linee dei Giovi (via Busalla e via Mignanego), sulle quali passavano le materie prime e i manufatti dal porto di Genova alle industrie di Piemonte, Lombardia, Emilia e viceversa. I lavori di elettrificazione iniziavano nel 1907 e nel maggio 1911 le nuove locomotive 050 (poi E.550) potevano già circolare quotidianamente tra Pontedecimo e Busalla, cioè sul tratto più acclive. Tali locomotive erano state progettate congiuntamente nel 1906 dalle FS e dall'équipe dell'ing. Kando, che intanto era venuto a dirigere la nuova Società Italia Westinghouse con stabilimento a Vado Ligure. I risultati d'esercizio sui Giovi furono eccezionali. Nel 1912 il traffico merci sulla linea risultava incrementato del 60% rispetto al 1910 e

tutto questo grazie a quelle piccole macchine che con i loro 1.500 kW arrancavano instancabilmente in doppia trazione simmetrica a 50 km/h con turni d'impiego e percorrenze impensabili con le locomotive a vapore. A questi risultati, che valsero loro il soprannome di "Muli dei Giovi", era da aggiungere l'incredibile semplicità degli equipaggiamenti elettrici, che rimarrà caratteristica delle locomotive trifasi a due velocità. L'elettrificazione dei Giovi veniva completata nel 1916 da Genova a Ronco Scrivia e nel '23 fino a Torino. Intanto nel 1912 la trifase giungeva sulla linea del Fréjus e nel '14 tra Ceva e Savona, confermando la particolare predisposizione del sistema per le linee di montagna, una conferma che giungeva ancora quindici anni dopo, tra il 1927 e il '32 con l'elettrificazione in trifase della "Porrettana" (Bologna-Pistoia-Firenze), della Bolzano-Brennero e della "Pontremolese" (Fornovo-Sarzana). Con l'estensione del bifilare a nuove linee si aggiungevano anche nuove locomotive; per i servizi merci ci si accontentava delle due velocità di regime di 25 e 50 km/h e quindi lo schema introdotto con le E.550 finiva col rimanere sostanzialmente intatto anche negli anni successivi.

Le E.551 da 2.000 kW nascevano nel 1921, le

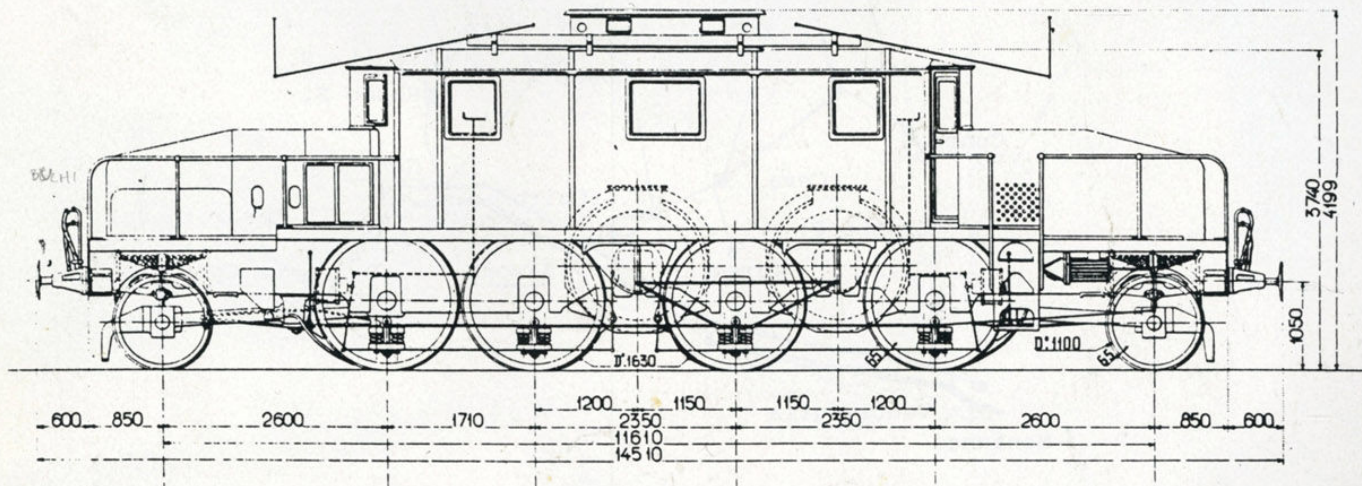


M. DAHLSTRÖM

(1187).0.96

Gruppo E.431 F.S. N. E.431.001 a E.431.037

A

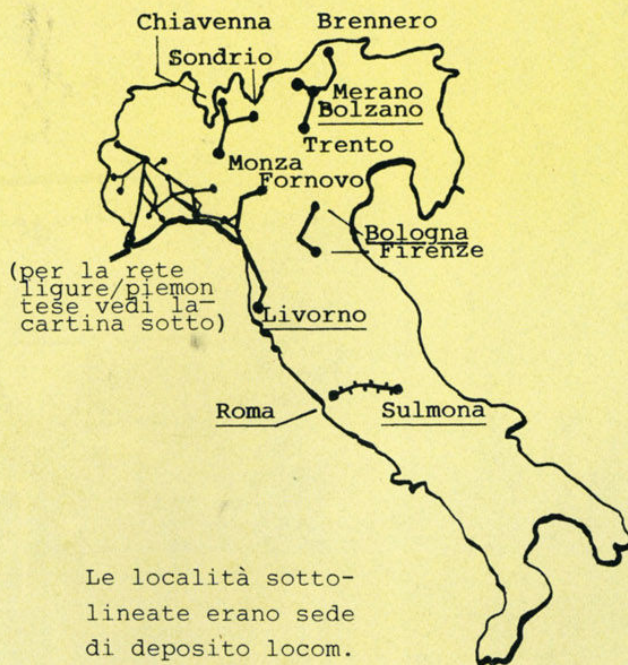


E.554 nel 1928. Con rodiggio analogo, ma con ben quattro velocità di regime (16,7, 25, 33,3 e 50 km/h) e quindi con equipaggiamenti più complessi, venivano invece realizzate nel 1922 le 15 sfortunate E.552, che finirono per essere quasi esclusivamente impiegate nei servizi di manovra negli scali di Genova. Complessivamente risulteranno costruite ben 567 macchine con rodiggio E.

Gli anni fecondi

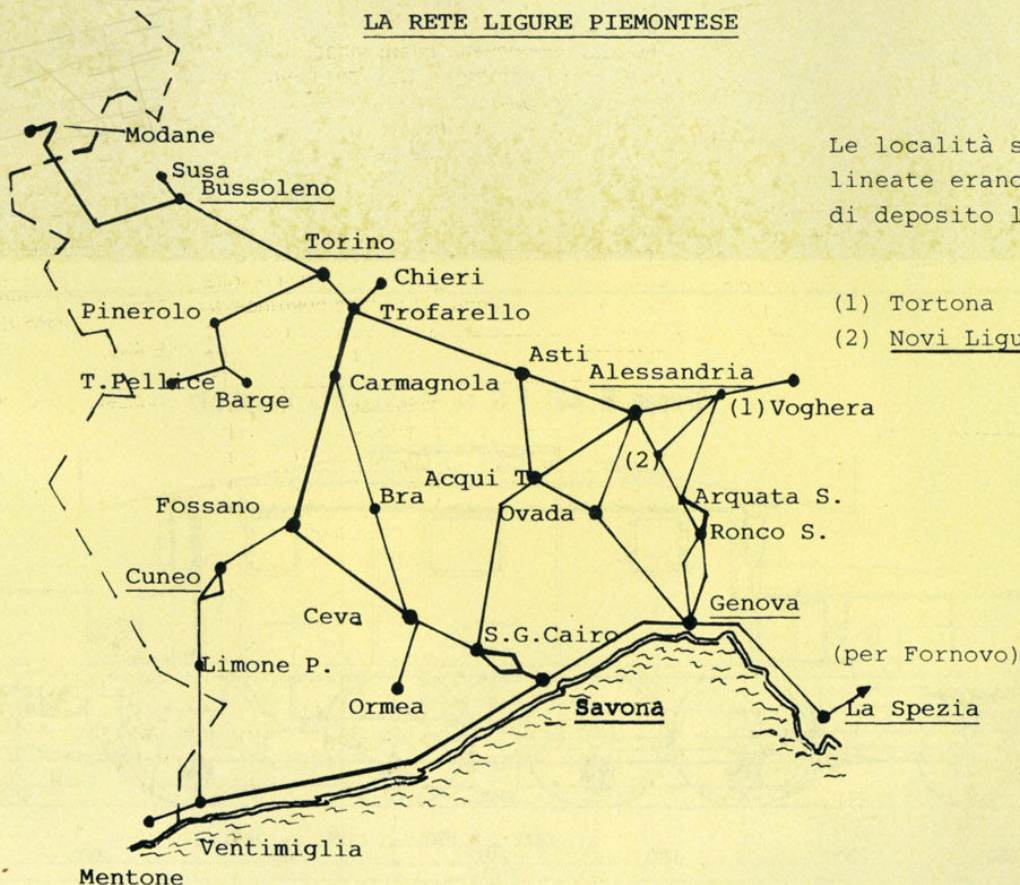
La storia della trifase però non fu solo quella delle linee di valico. Basti pensare infatti ai 340 km della linea tirrenica tra Ventimiglia e Livorno (elettrificati a più riprese tra il 1916 e il '31) o alla Torino-Alessandria-Voghera (elettrificata tra il 1921 e il '23) per capire l'esigenza, manifestatasi fin dagli anni Dieci, di avere a disposizione locomotive adatte ai servizi viaggiatori, quindi più veloci e con più ampie possibilità di regolazione della velocità stessa. Nel 1914 nascevano le E.330 (rodiggio 1'C1') che disponevano di quattro velocità di regime e velocità massima di 100 km/h. Trattandosi di mezzi veloci, la concezione costruttiva era quella già cara alle locomotive a vapore, con grandi ruote motrici e carrelli di guida alle estremità. Fermo restando lo schema a due motori di trazione, le quattro velocità erano ottenute al prezzo di notevoli complicazioni negli equipaggiamenti elettrici. Nate con cassa a volume unico, ricevevano negli anni Trenta due piccoli avancorpi alle estremità, entro i quali venivano collocate alcune apparecchiature per far posto in cabina alla caldaia a gasolio destinata a produrre il vapore per il riscaldamento dei treni viaggiatori. Dopo le E.330 arrivarono le E.331-332 (costruite a partire dal 1916-17), che non convinsero mai troppo i tecnici e i macchinisti FS

LA MASSIMA ESTENSIONE DELLA RETE TRIFASE



Le località sotto-lineate erano sede di deposito locom. Tra questi vanno annoverati anche Lecco e Pistoia che non compaiono per motivi di spazio

LA RETE LIGURE PIEMONTESE



Le località sotto-lineate erano sede di deposito locom.

- (1) Tortona
- (2) Novi Ligure

forse per le numerose novità sia meccaniche, sia elettriche (rodiggio 2'C2', diverso schema dei biellismi, reostato metallico anziché a liquido, particolari sistemi circuitali per ottenere le quattro velocità di regime), novità introdotte in fase di progetto dalle case svizzere Brown Boveri e Oerlikon e che, dando luogo ad alcuni inconvenienti determinarono in parte la decisione di relegare tali macchine ai treni diretti e locali sulle linee pianeggianti del Piemonte, come la Torino-Cuneo e la Carmagnola-Bra-Ceva. Con il successivo gruppo di locomotive per treni viaggiatori, l'E.431 realizzato nel 1922, gli equipaggiamenti elettrici tornavano allo schema delle E.330. Disponendo di un asse motore in più, queste locomotive permettevano migliori prestazioni (a parità di potenza installata) rispetto alle E.330 e risolvevano quindi in parte il problema dell'aumento delle composizioni dei treni viaggiatori. Con la loro estetica "filante" diventeranno in breve tempo le vere "velociste" della trifase, accaparrandosi i treni viaggiatori più prestigiosi sulla Torino-Genova-Livorno e sulla Ventimiglia-Genova. Diverso invece l'impiego delle E.333 (nate nel 1923), che essendo state progettate per i treni viaggiatori locali e diretti avevano velocità massima di 75 km/h e un'estetica originale (con cabina di guida unica a un'estremità) che le accomunava alle E.552. Sulle E.432, realizzate nel 1928 con un progetto "tutto italiano" curato dall'ing. Bianchi (quello che qualche anno dopo progetterà le E.428 a corrente continua), venivano infine concentrate tutte le soluzioni tecniche migliori che la trifase poteva offrire. La potenza installata saliva a 2.200 kW e l'uso dei pantografi in luogo delle tradizionali stanghe conferiva alle macchine un aspetto particolare. Per le loro prestazioni diventeranno le locomotive per treni viaggiatori di impiego universale, trovandosi a loro agio anche su linee acclivi come quella del Brennero.

Gli anni d'oro della trifase portarono anche l'esperimento a frequenza industriale sulla Roma-Sulmona, che aveva lo scopo di evitare la costruzione di apposite centrali di conversione (alta/bassa frequenza), permettendo nel contempo di alleggerire la catenaria e di costruire meno sottostazioni. L'esperimento preliminare avvenne sulla Torino-Modane nel 1927 e visto l'esito soddisfacente un anno dopo a varie riprese iniziò il servizio regolare tra la capitale e Sulmona, interrotto solo dai bombardamenti della seconda guerra mondiale. L'esercizio era svolto da macchine dall'aspetto ancora più strano delle altre trifasi, vale a dire da quattro E.470, versione ad alta frequenza della E.431, da diciassette E.472 e da quattro E.570 per i treni merci. La caratteristica di queste locomotive, vista la frequenza adottata, consisteva nella presenza di un rapporto demoltiplicatore per mantenere le velocità di sincronismo in un campo accettabile per la trazione ferroviaria, rendendole simili a quelle delle altre locomotive trifasi.

Un'altra particolarità fu la presenza nel parco italiano della prima locomotiva bifrequenza costruita nel mondo, la E.471.001, che però venne abbandonata dopo i primi esperimenti perché il convertitore rotante si rivelò ben presto piuttosto delicato. Con i principali componenti delle prime E.471, già ordinate, furono così fornite le quattro E.440 per la Ferrovia Alta Valtellina, che nel 1932 inaugurava l'esercizio a trazione elettrica sulla Sondrio-Tirano.

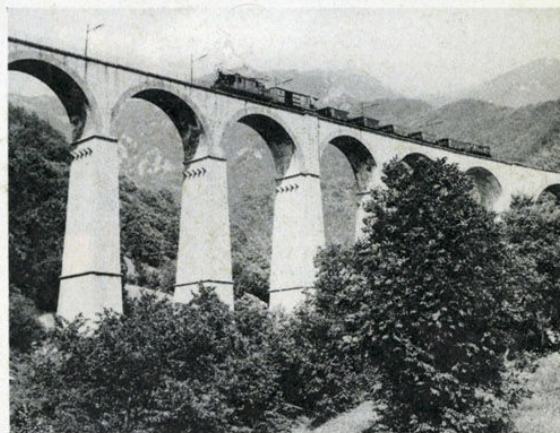
La decadenza

Con le ultime elettrificazioni in trifase, tra le quali la Trofarello-Ceva e la Fossano-Cuneo-Ventimiglia nel 1935, la Alessandria-S. Giuseppe nel '37 e la Ceva-Ormea nel '38, la rete

Coll. P. BOUILLIN

raggiungeva la massima estensione di oltre duemila chilometri. Intanto però la corrente continua aveva ormai preso il sopravvento, grazie alle caratteristiche tecniche e alle prestazioni di gran lunga migliori. Mentre per le locomotive E.626, E.326 ed E.428 si parlava di lunghi servizi ininterrotti, già in parte concretizzati sulle relazioni Napoli-Reggio Calabria, Firenze-Roma e Livorno-Roma (elettrificate in c.c. tra il 1935 e il '38), con le locomotive trifasi l'utilizzazione continuativa rimaneva una chimera a causa dei biellismi e del reostato a liquido. Le necessità di ungimento dei cuscinetti e di rifornimento dell'acqua evaporata del reostato imponevano infatti vincoli restrittivi all'autonomia dei mezzi. Quando si effettuavano alcune coppie di treni veloci senza cambio di locomotiva, ad esempio sulla Torino-Genova-Pisa, non fu sufficiente mettere a punto con particolare cura la lubrificazione del biellismo delle E.431, ma fu necessario prevedere una sosta di almeno 5 minuti a Genova per tener conto delle esigenze sopra accennate. A questi inconvenienti si aggiungevano poi la rigidità delle velocità di sincronismo (che costringevano spesso a viaggiare non a regime, lavorando di reostato, per mantenere le massime velocità ammesse dalle linee) e le notevoli complicazioni della linea aerea bifilare, soprattutto sugli scambi. Così, nel dopoguerra, venivano avviati intensi lavori per la conversione in c.c. delle linee trifasi. Nel 1948 la corrente continua giungeva da Genova a Viareggio (da quest'ultima località a Livorno la conversione era avvenuta già prima degli eventi bellici) e sulla "Pontremolese", poi negli anni Cinquanta era la volta della Trento-Bolzano e della Lecco-Sondrio, culla della trifase.

Proprio negli anni Cinquanta la tecnica legata al sistema trifase faceva ancora un piccolo balzo in avanti, con l'allestimento delle rimorchiate "bicorrenti" Lebc 840 dotate di raddrizzatori, da collegare alle elettromotrici a corrente continua ALc 840, e con la diffusione su molte locomotive, soprattutto E.554, di sistemi di comando multiplo. Negli anni Sessanta poi, giungeva il colpo di grazia. Venivano convertite in c.c. la linea del Fréjus, la Torino-Genova, la Bolzano-Brennero e altre minori, con conseguente grande eccedenza di mezzi di trazione. Tra il 1961 e il '65 venivano quindi completamente radiati i gruppi E.550, E.330, E.331 ed



E.332. Qualche anno dopo, sarà la volta delle E.551 ed E.333. Così sulle poche linee della rete ligure-piemontese ancora rimaste a ricordare gli anni gloriosi della trifase rimanevano solo le macchine più giovani, cioè E.554 ed E.432, aiutate dalle ultime ma sempre valide E.431. Rimanevano fino al 1976 quando, la mattina di quel 25 maggio, l'E.432.008 ha abbassato per l'ultima volta i pantografi dopo aver trainato l'ultimo treno trifase nella storia delle ferrovie italiane.

Roberto Rolle

In alto Siamo nel 1925 alla mostra sul "carbone bianco" tenuta a Grenoble. Accanto alla 2'C2' E 3102 della Compagnia francese del Midi, fanno bella mostra di sé un'E.330 e un'E.551. Davanti all'E.330 è visibile un motore trifase.

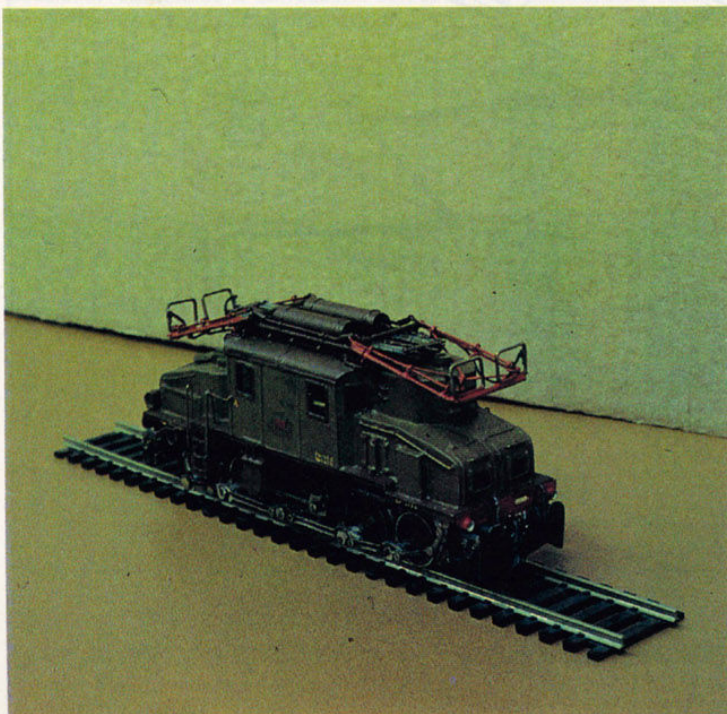
In basso Un'E.554 scende da Lione a Cuneo con un merci impegnando il famoso viadotto Rivoira.

Tutte le foto dell'articolo sono di M. Dahlstrom, esclusa quella a pagina 40 in alto che è di P. Béjui.



TRIFASE: QUANTI MODELLI!

ERA IMPENSABILE CHE SI POTESSE RACCOGLIERE UN COSÌ GRAN NUMERO DI MODELLI TRIFASI: IL MIRACOLO È AVVENUTO A TORINO NEL NEGOZIO DI ISACCO NEL MESE DI MAGGIO.

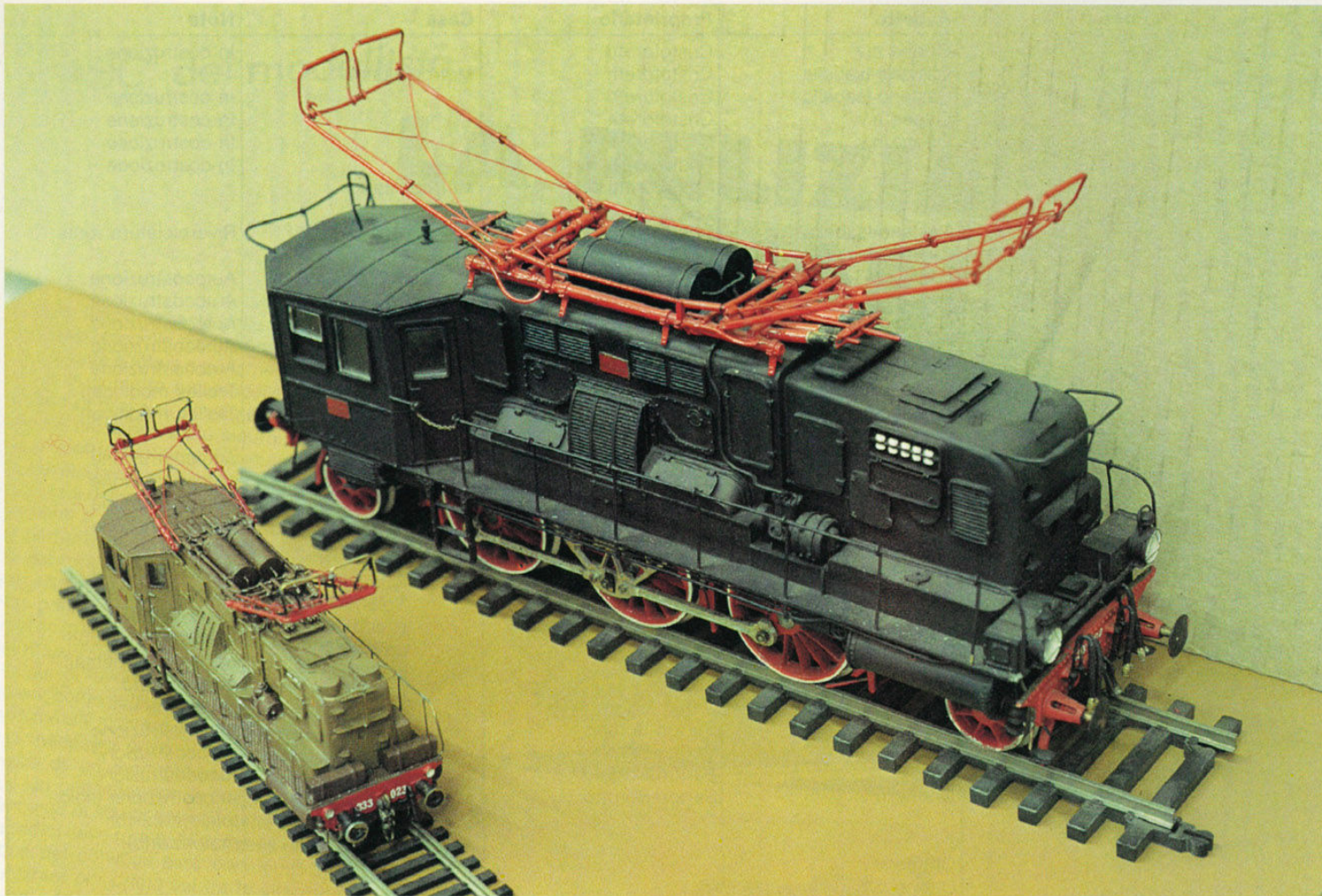


Il 25 maggio 1976 ad Acqui Terme la locomotiva elettrica E.432.008 abbassava per l'ultima volta i pantografi dopo aver trainato il treno speciale 33019 proveniente da Alessandria. Era così compiuta la trasformazione di una serie di linee convertite dall'alimentazione trifase a quella continua. Il 25 maggio 1986 per ricordare quel giorno non del tutto lieto per gli "amanti" del trifase, il gruppo modellistico FTN, in collaborazione con il GATT, ha allestito nei locali della ditta Isacco di Torino una mostra rievocativa. Nelle vetrine erano esposti ben 54 modelli nelle tre più importanti scale 0, H0 ed N dei quali solo 10 di produzione commerciale, 5 diorami, fotografie, libri e cimeli, alcuni dei quali molto interessanti e di valore ormai storico. Completava la mostra una videocassetta realizzata con spezzoni di film messi a disposizione dal GATT e dal gruppo modellistico Rocagis, dove si potevano rivedere con un po' di nostal-

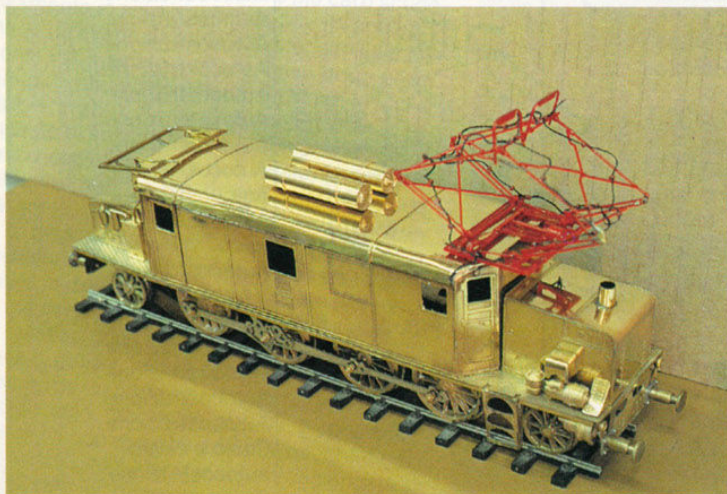
gia alcune delle locomotive elettriche trifasi nei loro ultimi mesi di attività. Inutile dire che si è trattato di una bella iniziativa, che ha riscosso il meritato successo di pubblico. Ma più che le parole sono eloquenti le immagini, che si commentano da sole.

Rocagis

- 1 Il diorama di Eca Nasagò costruito da Sartori-Borotto.
- 2 L'E.551.121 in scala H0 opera di Sartori-Borotto.
- 3 L'E.333.002 della Metropolitan in scala 0 e la E. 333.023 di Sartori-Borotto in scala H0.
- 4 La E.432 di Cristoforetti in scala 0 ancora in costruzione, mostra la splendida riproduzione del pantografo.
- 5 L'E.330.001 e la E.330.004, altre opere di Sartori-Borotto.
- 6 Panoramica di alcuni cimeli esposti nella mostra.
- 7 Le E.470 e 472 in scala H0.



3



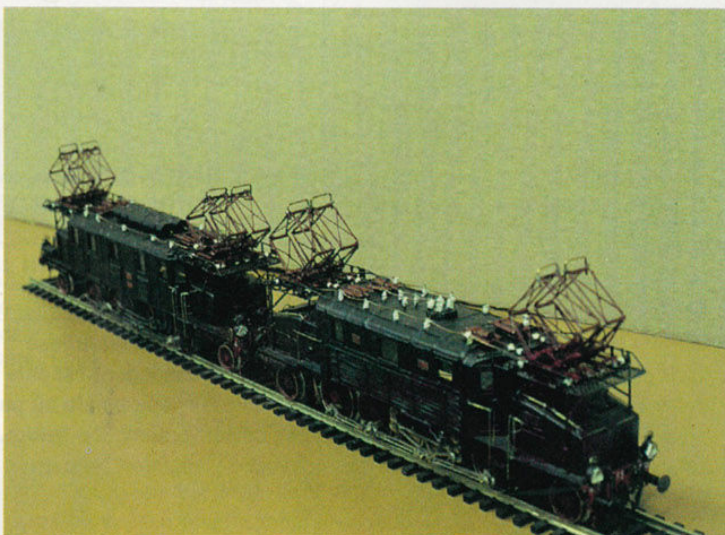
4



5



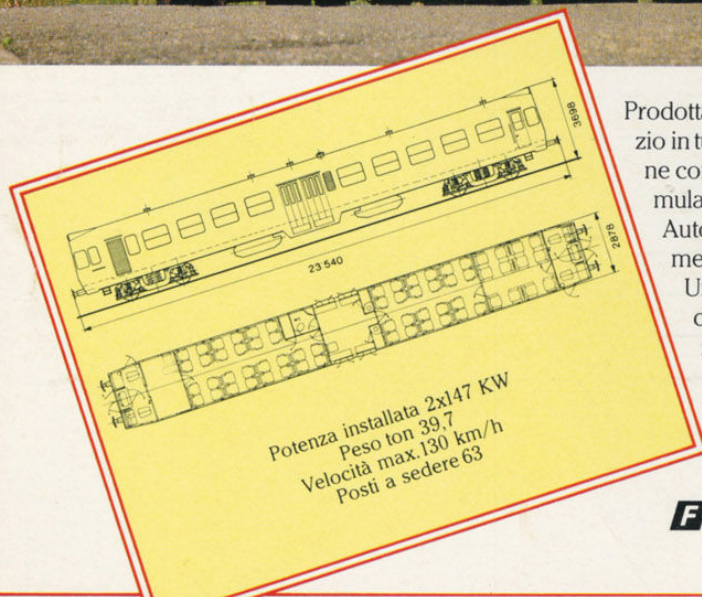
6



7

ALn 663. AUTOMOTRICE LEGGERA.

ECO



Prodotta in oltre 2000 esemplari, cinquant'anni di esercizio in tutto il mondo, oggi ALn 663 "restyling" si ripropone con la sua linea a conferma della validità di una formula di successo.

Automotrice a carrelli, bimotores, trasmissione idromeccanica con cambio meccanico a 5 marce.

Un asse motore per ogni carrello (rodiggio 1A-A1), due motori diesel Fiat tipo 8217 a 6 cilindri orizzontali, applicati alla cassa sotto il pavimento.

Adatta all'accoppiamento in multiplo sino a 3 unità con un solo guidatore e controllo dei 6 gruppi motore.

FIAT FERROVIARIA SAVIGLIANO
VIAGGIO NELL'EVOLUZIONE.

TRIFASE: LA TECNICA

I PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA TRIFASE E L'EVOLUZIONE TECNICA DELLE LOCOMOTIVE ESPOSTI CON CHIAREZZA DA ROBERTO ROLLE. PER SAPERNE DI PIÙ SULL'ARGOMENTO DELL'ANNO.



Cos'è la corrente alternata trifase? Cercando di semplificare al massimo le definizioni elettrotecniche si può dire che è un sistema di tre correnti (e tensioni) alternate di uguale frequenza i cui valori istantanei sono dati da tre sinusoidi sfasate tra loro di un terzo di periodo. I tre conduttori necessari per l'alimentazione o l'utilizzazione di un sistema trifase si chiamano *fasi* (vedi fig. 1).

Un motore semplice e robusto

La fortuna di questo sistema è dovuta all'invenzione-scoperta del motore a campo rotante,

avvenuta nel 1883 ad opera di Galileo Ferraris. Egli scoprì che alimentando tre matasse di filo di rame disposte a 120° con un sistema di correnti trifasi (fig. 2) si genera intorno all'asse degli avvolgimenti un campo magnetico rotante. Disponendo poi coassialmente all'interno di tali avvolgimenti detti *statorici* un rotore sul quale sono avvolte spire di rame in corto circuito (allo scopo di formare un circuito chiuso), le variazioni di campo inducono nel rotore correnti indotte che, a causa delle azioni elettromagnetiche tra il campo magnetico prodotto dallo statore e i conduttori percorsi da corrente

indotta del rotore, fanno ruotare quest'ultimo nello stesso senso del campo rotante a una velocità direttamente proporzionale alla frequenza della tensione di alimentazione. Nacque così il motore asincrono trifase, oggi di uso comune negli azionamenti elettrici industriali e che all'inizio del secolo apparve ai tecnici ferroviari italiani come l'unica soluzione sicura per le elevate potenze richieste alle locomotive. Il livello tecnologico di quei tempi infatti non permetteva la costruzione di motori con collettore a lamelle (come quelli a corrente continua) capaci di funzionare a tensioni e correnti elevate senza dar luogo a inconvenienti di isolamento e di commutazione. E così, mentre il motore a corrente continua era per il momento relegato alla trazione tranviaria, l'asincrono trifase si imponeva con le sue doti di robustezza e semplicità ai tecnici italiani, sollecitati dalle idee e dai primi promettenti brevetti provenienti dall'industria ungherese. Per la trazione ferroviaria, dovendosi comunque impiegare un reostato per l'avviamento, vennero previsti motori con rotore avvolto (anziché in cortocircuito come nell'esempio di fig. 2), in modo da poter collegare, attraverso anelli di rame solidali al rotore a spazzole striscianti solidali allo statore, gli estremi degli avvolgimenti rotorici al reostato. Gli impianti ferroviari con il sistema trifase vennero realizzati prevedendo due conduttori aerei per altrettante fasi e collegando la terza fase alle rotaie. La tensione di linea fu stabilita in 3.400 V (poi passata a 3.600 V); quanto alla frequenza, quella industriale (che allora in Italia variava da 42 a 50 Hz a seconda del produttore) non era adottabile per le diffi-

Un locale per Ormea appena partito da Ceva nel maggio 1973. Foto Perret

Figura 1

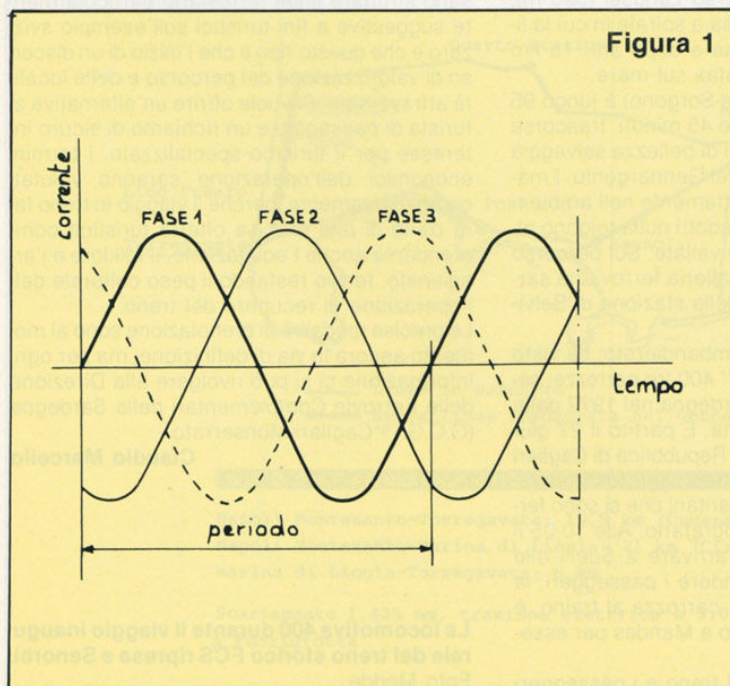
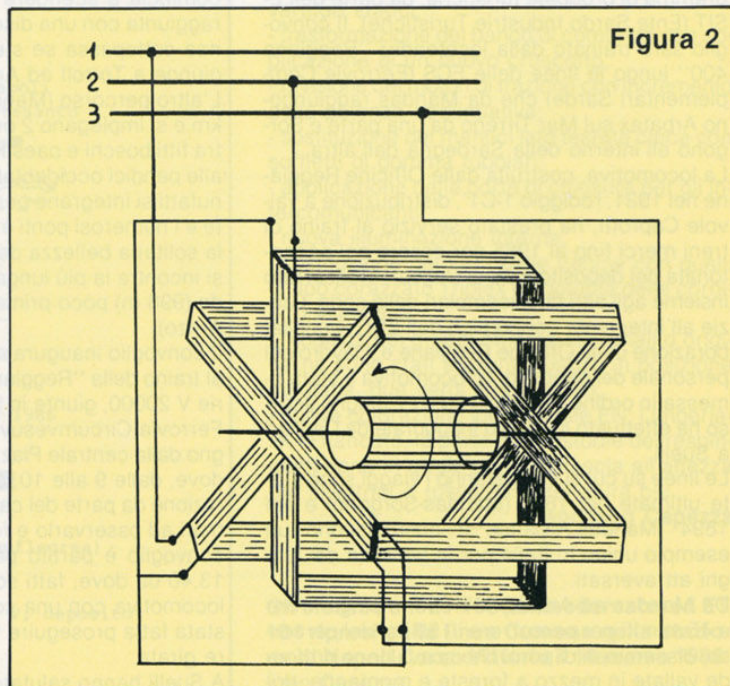


Figura 2



coltà d'impiego di ingranaggi riduttori della velocità dei motori sulle locomotive. La frequenza in Valtellina venne fissata in 15 Hz (cioè periodi di secondo), poi elevata a 16,7 Hz a partire dall'elettrificazione della linea dei Giovi. La bassa frequenza permise anche di ridurre l'impedenza della linea di contatto e quindi le cadute di tensione. Per contro però, richiese centrali elettriche con generatori funzionanti a tale frequenza (che divenne ben presto nota come *frequenza ferroviaria*), apposite linee primarie di trasmissione e, in alcuni casi, convertitori rotanti di frequenza collocati nelle sottostazioni elettriche lungo le linee ferroviarie. Per tentare di superare il problema e anche in considerazione dei progressi compiuti nel frattempo nella tecnologia costruttiva degli ingranaggi riduttori di trasmissione, nel 1925 venne timidamente sperimentato sulla linea del Fréjus il sistema trifase a 45 Hz e tensione di linea di 10.000 V, la massima compatibile con l'isolamento delle due fasi aeree sugli scambi (che già con i 3.600 V comportava incredibili complicazioni) ed utile a compensare le elevate cadute di tensione in linea dovute alla maggiore frequenza. Per le prove vennero impiegate le locomotive dei gruppi E.570, E.470 ed E.472, che finirono qualche anno dopo sulla linea Roma Prenestina-Mandela-Sulmona, prima e ultima linea elettrificata *ex novo* con tale sistema di trazione tra il 1928 e il '33.

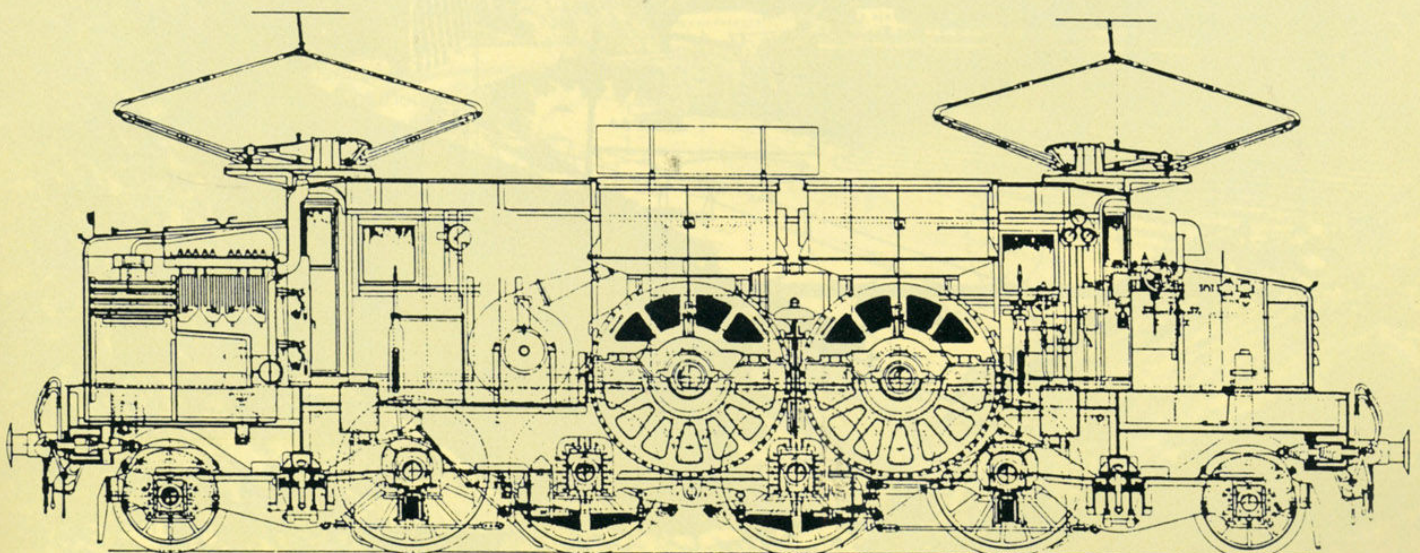
Le macchine

Diamo ora un'occhiata da vicino alle locomotive trifasi FS. Ad eccezione delle E.430, tutte le altre furono dotate di due soli motori di trazione, soluzione imposta dalla necessità del collegamento in cascata per realizzare diverse velocità di regime (mantenendo il più possibile semplici gli equipaggiamenti elettrici) e adatta all'impiego della trasmissione a bielle che a quei tempi era ancora la più affidabile. Per ottenere le elevate potenze richieste, si raggiunsero quindi dimensioni davvero notevoli (i motori delle E.432 da 1.100 Kw, avevano un diametro esterno di oltre due metri!); in pratica i due motori e il relativo gruppo motoventilatore occupavano l'intera parte centrale della cabina compresa tra i due posti di guida (fig. 3). Come già accennato, i motori erano del tipo



Vecchiaia di una locomotiva: l'E.432.027 ad Asti l'11 giugno 1974. Foto Garzaro

Figura 3





con rotore avvolto e collettore ad anelli per collegare gli avvolgimenti rotorici al reostato, che ad esclusione di quello delle E.331 ed E.332 sarà del tipo a liquido, soluzione ideata dall'ing. Kandò che permetteva, dal momento che la massa liquida costituiva dal punto di vista elettrico un carico capacitivo (praticamente un grosso condensatore), di migliorare il fattore di potenza dei motori. La variazione della resistenza elettrica era ottenuta in modo continuo variando con un sistema ad aria compressa il livello del liquido, costituito da una soluzione sodica che periodicamente doveva essere reintegrata. Molto più frequente era invece il rifornimento della normale acqua di raffreddamento del reostato stesso, che evaporava in conseguenza alla dissipazione in calore dell'energia elettrica. Le fumate dei reostati, intense soprattutto nei servizi con avviamenti frequenti e difficili, rimarranno per sempre uno dei ricordi più caratteristici e curiosi delle nostre locomotive trifasi.

Al termine della fase di regolazione reostatica il funzionamento a regime dei motori trifasi delle locomotive sarebbe avvenuto ad una sola velocità (quasi costante anche al variare del carico) dipendente dal numero di poli dei motori stessi e dalla frequenza, cosa troppo restrittiva per le esigenze ferroviarie, come dimostrano le due locomotive E.430 che potevano marciare a regime solo alla velocità di 33 km/h a 15 Hz. Grande importanza hanno quindi avuto nell'evoluzione delle locomotive trifasi italiane i sistemi per realizzare diverse velocità di regime, dal più semplice delle locomotive a due velocità per servizi merci (dalle E.550 alle E.554) consistente nel collegamento in cascata o in parallelo dei due motori (fig. 4), ai sistemi più complessi (basati sulla variazione del numero di poli dei motori), adottati sulle locomotive a quattro velocità per servizi viaggiatori e sulle E.552. In particolare sulle E.330 ed E.431 i due collegamenti a 6 e 8 poli (il primo ottenuto con alimentazione in bifase tramite un autotrasformatore Scott) venivano utilizzati con i motori in cascata e in parallelo ottenendo così le quattro velocità. Una soluzione simile era stata adottata sulle E.552 ed E.333, utilizzando però collegamenti a 8 e 12 poli. Su tutte queste macchine la commutazione dei poli degli avvolgimenti rotorici avveniva all'esterno dei motori; le estremità degli avvolgimenti rotorici da commutare (che erano 7 sulle E.330 ed E.431), facevano capo ad un collettore munito di altrettanti anelli e, tramite le spazzole striscianti, venivano collegate all'apposito combinatore. Sulle E.331-332 i progettisti svizzeri pensarono di affrontare diversamente il problema, realizzando i collegamenti a 6 e 8 poli degli avvolgimenti rotorici mediante commutatori rotanti con lo stesso rotore, soluzione alquanto delicata che rimarrà un caso unico nell'evoluzione delle nostre locomotive trifasi. Infine sulle E.432, dal momento che le E.330 ed E.431 avevano mostrato qualche inconveniente nella marcia a 50 km/h, perché i motori in cascata e il contemporaneo abbassamento del fattore di potenza provocavano sensibili riduzioni della coppia motrice e quindi delle prestazioni, si ricorse ad una nuova soluzione per limitare il collegamento in cascata solo alla velocità più bassa (37,5 km/h) e collegare i motori in parallelo a 12, 8 e 6 poli per ottenere le successive velocità, rispettivamente di 50, 75 e 100 km/h.

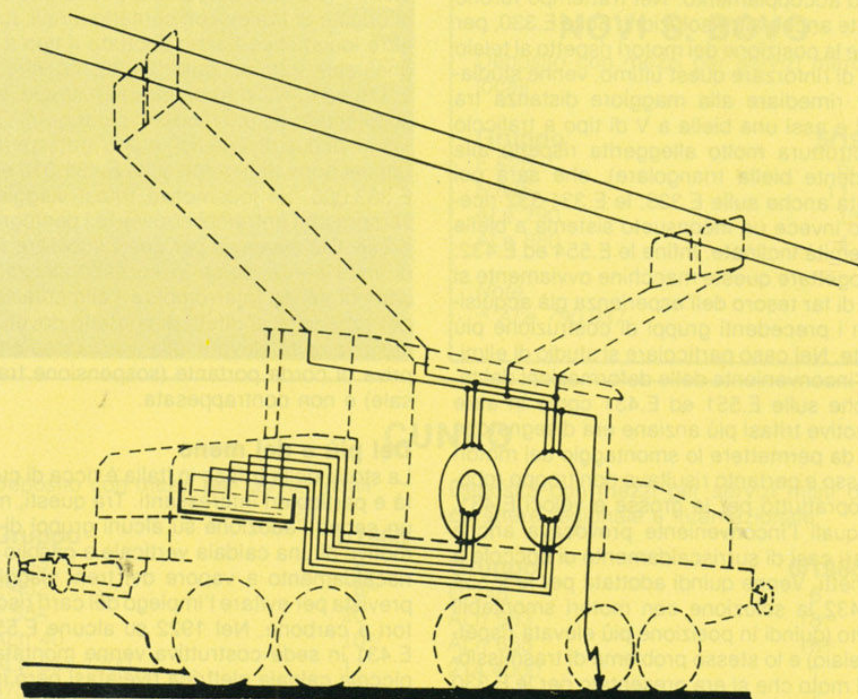
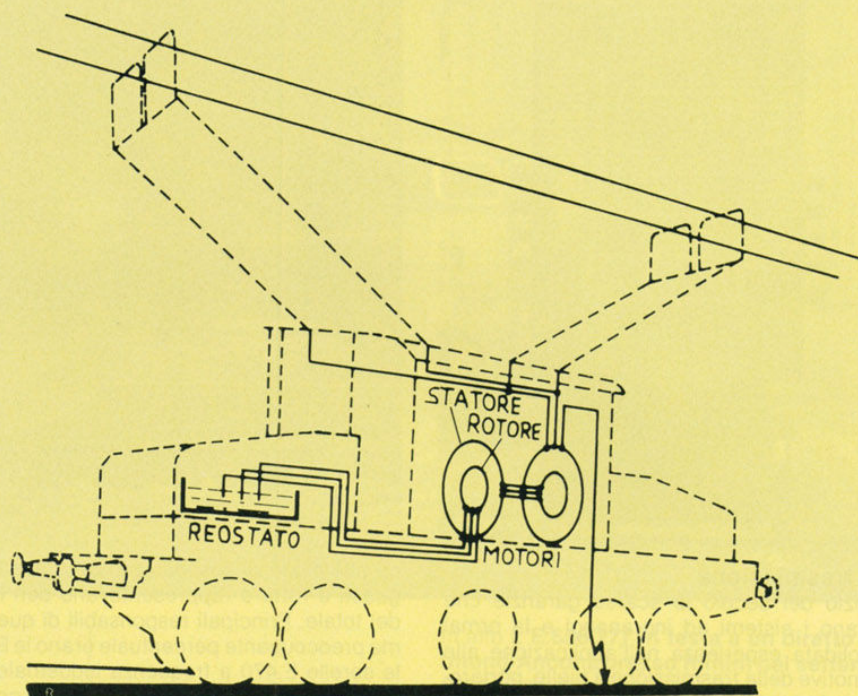


Figura 4

In alto il collegamento dei motori in cascata (25 km/h); in basso quello in parallelo (50 km/h).

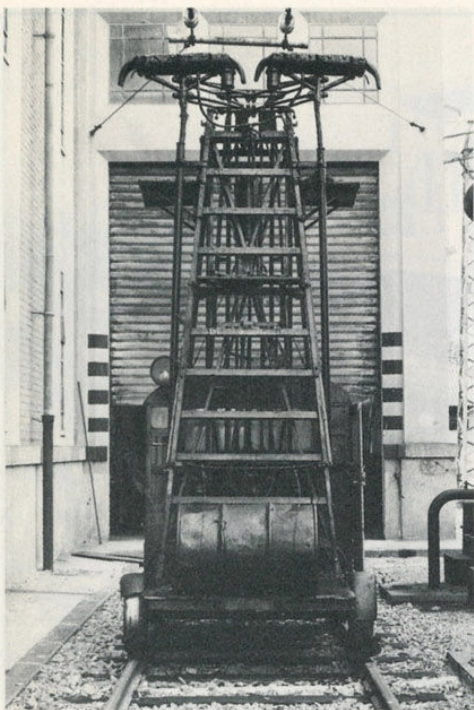
Pagina precedente

In alto **Un'E.360 in stazione a Lecco nel 1911.**

Foto FS

In basso **L'E.431.015 sulla Riviera Ligure nel**

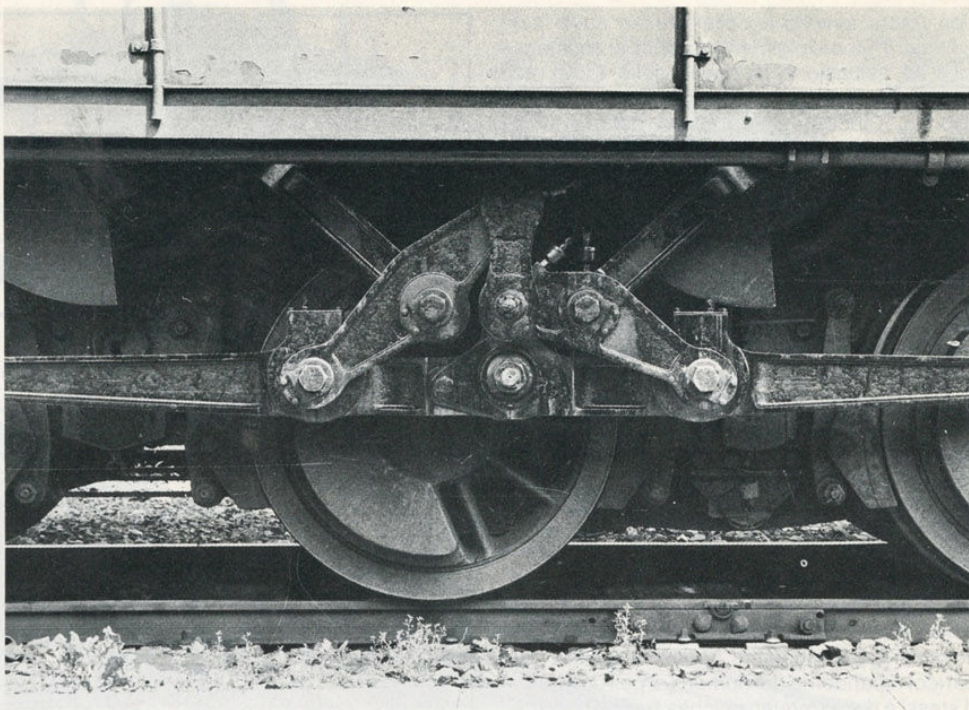
1954. Foto FS



E la trasmissione

All'inizio del secolo le scarse garanzie che offrivano i sistemi ad ingranaggi e la ormai consolidata esperienza nell'applicazione alle locomotive della trasmissione a bielle, portarono a preferire per le locomotive trifasi la seconda soluzione. Dalle E.360 del 1904, la biella triangolare ideata dall'ing. Kandò venne montata successivamente sulle E.380-390, sulle E.550 e con qualche aggiornamento sulle E.551 ed E.431. Tale biella, collegata alle estremità ai due motori, muoveva l'asse centrale collegato a sua volta agli altri assi motori con bielle d'accoppiamento. Nel frattempo furono adottate anche altre soluzioni. Sulle E.330, per elevare la posizione dei motori rispetto al telaio al fine di rinforzare quest'ultimo, venne studiata per rimediare alla maggiore distanza tra motori e assi una biella a V di tipo a traliccio (con struttura molto alleggerita rispetto alla precedente biella triangolare), che sarà poi montata anche sulle E.333; le E.331-332 riceverono invece un inconsueto sistema a bielle d'estremità inclinate. Infine le E.554 ed E.432: nel progettare queste macchine ovviamente si cercò di far tesoro dell'esperienza già acquisita con i precedenti gruppi di costruzione più recente. Nel caso particolare si studiò di eliminare l'inconveniente delle deformazioni del telaio, che sulle E.551 ed E.431 come in altre locomotive trifasi più anziane era disegnato in modo da permettere lo smontaggio dei motori dal basso e pertanto risultava non troppo robusto, soprattutto per le grosse e veloci E.431, sulle quali l'inconveniente provocava anche non rari casi di surriscaldamento di boccole e cuscinetti. Venne quindi adottata per le E.554 ed E.432 la soluzione con motori smontabili dall'alto (quindi in posizione più elevata rispetto al telaio) e lo stesso problema di trasmissione del moto che si era presentato per le E.330 (anch'esse con motori smontabili dall'alto) venne risolto con un biellismo articolato ideato dall'ing. Bianchi. Tutto sommato i biellismi rimasero sempre una parte sufficientemente affidabile della meccanica delle locomotive trifasi. Da dati FS relativi agli inconvenienti di esercizio di tali locomotive risalenti alla fine degli anni Venti, si rileva infatti che tra i guasti meccanici i casi di rottura di bielle e manovelle risultavano praticamente trascurabili, quelli di surriscaldamento dei cuscinetti delle bielle incidevano in misura del 15,7%.

Gli inconvenienti maggiori si registravano inve-



ce alle molle di sospensione dei rotabili, i cui guasti e rotture rappresentavano ben il 47% del totale. Principali responsabili di quest'ultima preoccupante percentuale erano le E.431 e le sorelle E.470 a frequenza industriale, tutte dotate in origine di nuove sospensioni con molle elicoidali (in luogo delle tradizionali balestre) che si rivelarono presto un autentico fallimento, tanto che vennero sostituite con un sistema a balestre già all'inizio degli anni Trenta.

Gli organi di presa di corrente

Mentre le E.430, E.360 ed E.380 furono dotate in origine di *trolley* con contatto a rulli, tutte le altre locomotive hanno adottato il tipo a stanghe, che soltanto sulle E.432, nonché sulle E.470 ed E.472 e frequenza industriale, venne soppiantato da più moderni pantografi. Questi ultimi, di due diversi tipi, erano stati sperimentati nei primi anni Venti sulla E.431.010 e sulle E.333.006. Le locomotive trifasi viaggiavano sempre con entrambi i *trolley* (o i pantografi) in presa. Ciò avveniva per poter superare i tratti di linea aerea isolati in corrispondenza degli scambi senza interrompere l'alimentazione e per rimediare ai difetti di contatto dovuti, specie a velocità elevate, alla linea aerea che era priva di corda portante (sospensione trasversale) e non contrappesata.

Del più e del meno

La storia della trifase in Italia è ricca di curiosità e particolari interessanti. Tra questi, merita un cenno l'adozione su alcuni gruppi di locomotive di una caldaia verticale a gasolio per il riscaldamento a vapore dei treni viaggiatori, prevista per evitare l'impiego dei carri riscaldatori a carbone. Nel 1922 su alcune E.551 ed E.431 in sede costruttiva venne montata una piccola caldaia elettrica rivelatasi però inadeguata. La caldaia a gasolio, che a causa dei rumori che emetteva venne presto soprannominata dai ferrovieri piemontesi *tirapet* (cioè "tirascorregge"), venne adottata negli anni Trenta sulle E.330 (che per questo motivo riceverono gli avancorpi alle estremità) e su alcune E.551 ed E.333, mentre era già stata prevista in sede costruttiva su gran parte delle E.554. Soltanto nel dopoguerra apparve sulle E.432, E.431 ed E.331-332 il dispositivo REC (Riscaldamento Elettrico Carrozze) ad alta tensione. L'ultima particolarità da ricordare riguarda l'applicazione di dispositivi per il co-

mando multiplo, timidamente apparsi già nei primi anni della trifase sulle E.550 grazie alle inesauribili risorse dell'ing. Kandò, ma adottati con soluzioni tecnicamente più adeguate su macchine di vari gruppi solo molto più tardi, nella seconda metà degli anni Cinquanta. In quel periodo infatti il problema venne ripreso in varie sedi, particolarmente per rendere più economico l'impiego in trazione multipla delle E.554 sulle linee di valico. Date le difficoltà del problema (consistenti soprattutto nel riuscire a sincronizzare perfettamente in avviamento i reostati delle due locomotive accoppiate), si giunse nel giro di pochi mesi a sperimentare tre diversi sistemi: uno venne realizzato su sedici E.554 del deposito di Bolzano nel 1958, un altro l'anno successivo a Bussoleno su alcune delle E.554 utilizzate sulla linea del Fréjus e il terzo su macchine dello stesso gruppo appartenenti al deposito di Genova Rivarolo e impiegate sulla linea dei Giovi. Quest'ultimo, studiato dall'ing. Antonucci allora capo della Divisione Materiale e Trazione FS di Genova, prevedeva il comando pneumatico del reostato e risultò il più convincente e versatile; il "sistema ligure" (così divenne noto tra i tecnici ferroviari), venne esteso tra il 1959 e il '62 ad altre E.554, a sei E.551, a due E.333 (la 025 e la 033) e a quattro E.431 (018, 023, 026 e 036). L'attrezzamento di alcune E.432, iniziato con la 030 nel 1961, venne interrotto perché ormai, con le conversioni da c.a. a c.c. avvenute nello stesso anno sulle linee del Fréjus e dei Giovi, di ciò che ancora restava del sistema trifase non si poteva far altro che attendere, con un pizzico di nostalgia, l'inevitabile fine.

Roberto Rolle

A sinistra Un carrello per l'ispezione alla linea trifase presso una sottostazione elettrica. Foto Perret

A destra Il particolare della biella articolata Bianchi di un'E.554 ad Alessandria nel 1973. Foto Garzaro