FIAT STABILIMENTO GRANDI MOTORI

VOL. XI - N. 3 BOLLETTINO TECNICO LUGLIO - SETTEMBRE 1958

CENTRO STORICO FIAT

La nuova locomotiva Diesel elettrica D. 341 delle Ferrovie dello Stato

Dr. Ing. Paolino Camposano Pag. 65

Il motore 2312 SF: la più moderna creazione della nostra esperienza quasi quarantennale nel campo ferroviario

Dr. Ing. Silvano Innocenti - Torrini Pag. 85

CENTRO STORICO FIAT

Si permette la riproduzione totale o parziale degli articoli di questo Bollettino purchè ne sia citata la fonte

FIAT - Stabilimento Grandi Motori - Torino (Italia) - Via Cuneo, 20

FIAT STABILIMENTO GRANDI MOTORI
TORINO (Italia) VIA CUNEO, 20
VOL. XI – N. 3 BOLLETTINO TECNICO Luglio – Settembre 1958

CENTRO STORICO FIAT

LA NUOVA LOCOMOTIVA DIESEL ELETTRICA D. 341 DELLE FERROVIE DELLO STATO*

Uno degli aspetti più caratteristici dell'ammodernamento delle reti ferroviarie è la sostituzione integrale della trazione a vapore con la trazione elettrica o Diesel. Per la rete F. S., concretatasi in gran parte la configurazione e la estensione delle linee a trazione elettrica, si pone per il rimanente della rete la questione della dieselizzazione dei servizi pesanti (quella dei servizi leggeri viaggiatori ha già assunto in atto una estensione abbastanza prossima a quella definitiva). Il parco rotabile per i bisogni delle linee da destinare all'esercizio Diesel si articolerà probabilmente su tre tipi di locomotive Diesel.

Il tipo base per i servizi promiscui merci e viaggiatori sulle linee a medio traffico prevede una locomotiva con potenza netta al cerchione sui 1000 Cv.

Le unità Diesel del nuovo gruppo FS D. 341 corrispondono alla soluzione con trasmissione elettrica di tale locomotiva-base.

Le prime unità in corso di consegna sono destinate all'esercizio sulla linea Taranto-Potenza-Battipaglia le cui caratteristiche altimetriche ben si prestano per un primo esperimento significativo sulle possibilità dei nuovi mezzi di trazione.

Premessa

La dieselizzazione integrale dell'esercizio sulle linee ove non sia conveniente, da un punto di vista economico, la elettrificazione, è uno degli aspetti più caratteristici dell'ammodernamento ferroviario.

Tale problema, che si è posto in termini più o meno pressanti per tutte le reti ferroviarie europee nel dopo guerra, è stato impostato dalle F. S. nei limiti specifici dettati dall'acquisito sviluppo della rete elettrificata e del suo logico prevedibile completamento.

Nel numero del luglio-agosto '56 di questa rivista * è stato già dallo scrivente accennato alle prospettive generali della dieselizzazione dei servizi di linea e di manovra della rete F. S. a scartamento normale ed alle ragioni tecnico economiche della sua impostazione nel quadro dell'ammodernamento dei servizi e della riduzione delle spese di esercizio.

In tale studio di massima era stato accennato alla configurazione del parco di locomotive Diesel da treni, così come era dato prevedere in base alle caratteristiche delle linee da servire ed alle necessità del traffico da assicurare. Praticamente detto parco si articola su tre tipi base di locomotive:

a) locomotive da 1200/1500 Cv (al Diesel) per servizi misti, merci pesanti e viaggiatori, su linee a medio traffico;

b) locomotive da 900/1000 Cv per servizi viaggiatori veloci su linee a medio traffico;

c) locomotive da 750/900 Cv per servizi merci su linee a traffico inferiore al medio.

La locomotiva presentata appartiene al primo dei tipi citati; le sue caratteristiche generali furono a suo tempo definite in base alle esigenze di un esercizio promiscuo merci-viaggiatori sul complesso delle linee calabro-lucane-pugliesi ad Est della longitudinale tirrenica (elettrificata) ed a Sud di Bari.

Tale complesso comprende la linea jonica (Reggio Calabria-Catanzaro-Sibari-Metaponto-Taranto-Bari) e le trasversali Catanzaro-S. Eufemia, Sibari-Cosenza e Metaponto-Battipaglia; dette linee si classificano fra quelle a

* *Per cortese concessione dell'Ing. Paolino Campasano e della Redazione della rivista* " Ingegneria Ferroviaria „ *riproduciamo questo articolo già comparso sul n. 4 - Aprile 1958 di tale Rivista.*

medio traffico suscettibile peraltro per qualcuna (come la jonica) di futuri aumenti in relazione allo sviluppo ed alla industrializzazione agricola delle regioni interessate.

Caratteristica comune delle linee anzidette e comunque anche delle altre che costituiscono il complesso della rete non elettrificata, è quella di ammettere, agli effetti della circolabilità, carichi max. per asse relativamente modesti: approssimativamente e salvo eccezioni i valori caratteristici di tali carichi possono considerarsi in tre ordini rispettivamente di 15, 16 e 17 tonn., quest'ultimo attualmente ammissibile su poche linee e suscettibile di estensione in futuro a quelle per cui (come per il gruppo accennato del complesso calabro-lucano-pugliese) sono previsti programmi di rinnovamento del binario e delle opere d'arte.

La limitazione suddetta del peso per asse ha costituito uno dei dati fondamentali per l'impostazione del progetto di una locomotiva base: appare evidente da quanto sopra accennato che, perchè tale rotabile possegga una buona circolabilità sulla rete da servire, il suo peso non poteva prevedersi molto discosto dalle 16 tonn-max/asse.

Tale dato caratteristico, unitamente a quello della potenza utile al cerchione (determinato in base alle necessità dei servizi da coprire) di 1000 Cv, ed alla opportunità di adottare un tipo di rodiggio più semplice e più razionale dal punto di vista circolabilità e capacità di trazione, sono stati i caposaldi per la impostazione della locomotiva.

La scelta del tipo elettrico per la trasmissione della potenza agli assi per la locomotiva base è derivata da comprensibili considerazioni riguardo:

— massima flessibilità in esercizio, trattandosi di locomotiva destinata a servizi promiscui su linee ad andamento altimetrico più vario (dalle linee pianeggianti a quelle con le più elevate pendenze);

— provata esperienza e pieno affidamento della trasmissione elettrica;

— semplificazione della parte meccanica della trasmissione nella quale, in relazione alle potenze in gioco, possono celarsi le maggiori incertezze riguardo agli oneri di manutenzione in esercizio.

La scelta della trasmissione elettrica per la locomotiva base non ha comunque significato il rifiuto di altre soluzioni che, come quella idraulica, si presentano sotto certi aspetti suggestive ed in un certo senso vantaggiose; per questo, delle prime 25 unità ordinate ed in corso di consegna, cinque hanno trasmissione non elettrica (quattro con trasmissione idraulica ed una con trasmissione meccanica) e dall'esercizio corrente si attenderanno i risultati pratici di queste ultime locomotive che sono state impostate come unità « sperimentali ».

La trasmissione elettrica, peraltro, considerati i dati di partenza del progetto specifico, è ovviamente la più impegnativa dal punto di vista del peso: lo studio generale della macchina ha dovuto risolvere il problema del miglior compromesso tra la robustezza della parte meccanica e le più alte prestazioni del complesso motore-trasmissione.

Tale compromesso appare soddisfacentemente risolto nella locomotiva presentata; l'esperienza d'esercizio potrà dare al riguardo il giudizio definitivo.

Descrizione della locomotiva

1 - Generalità

La locomotiva presentata, che risponde alla sigla di gruppo D. 341, definita come progetto di massima in collaborazione tra le F. S. e le Costruttrici interessate, è stata studiata nelle sue parti dalle seguenti Ditte:

Parte termica e meccanica	FIAT Mater. Ferr. e FIAT Grandi Motori (Torino) O. M. (Milano)
Equipaggiamento elettrico	E. MARELLI (Milano) generatrice principale T. I. B. B. (Milano) Motori di trazione C. G. E. (Milano) Regolazione ed apparecchiatura elettrica.

La locomotiva è del tipo a carrelli, schema di rodiggio Bo-Bo, aderenza totale; il gruppo motore Diesel-generatrice principale è stato sistemato verso il centro della cassa, le cabine di guida sono due di estremità; 4 motori elettrici montati sugli assi con trasmissione e sospensione « tipo tram » costituiscono l'equipaggiamento di trazione.

La locomotiva rientra nella sagoma limite italiana ed anche in quella definita in sede internazionale dall'O. R. E. (Office Recherches et Essais) per il materiale Diesel standard suscettibile di circolare sulle reti delle Amministrazioni europee aderenti. Dal punto di vista della unificazione dei tipi di locomotive Diesel, studiata dall'O. R. E. per coprire le varie necessità dell'esercizio sulle linee europee non destinate all'elettrificazione, la locomotiva D. 341 si inquadra nella classe *f* (loc. di linea da 1200 a 1500 Cv) che per le sue caratteristiche di utilizzazione sulle linee a medio traffico è una di quelle su cui maggiormente converge l'interesse delle Amministrazioni esercenti.

La locomotiva completa ed in ordine di marcia (con 2/3 delle scorte di combustibile) pesa 64 tonn (16 t/asse).

Sulla locomotiva, pur essendone prevista l'installazione, non è montato il generatore di vapore e relativo impianto

di contenimento dell'acqua per il riscaldamento treni; ciò in relazione alle suddette limitazioni del peso max/asse.

L'impianto stesso potrà essere montato quando, a seguito dei programmi di rinnovamento in corso sulle linee interessate, potrà essere consentito l'aumento di almeno 0,5 t/asse.

2 - Dati caratteristici principali

a) DIMENSIONI

Scartamento	mm	1.435
Lunghezza della cassa	»	13.300
Lunghezza tra i respingenti	»	14.480
Larghezza della cassa	»	3.000
Altezza massima sul piano del ferro (in ordine di marcia)	»	4.255
Distanza tra i perni dei carrelli	»	7.640
Passo dei carrelli	»	2.710
Diametro delle ruote (a cerchioni nuovi)	»	1.040
Rapporto di trasmissione		1/4,54

b) PESI

Parte termica e suoi accessori

Motori Diesel Fiat (a secco) con accessori e strumenti direttamente montati	kg	9.750
Accessori per il servizio del Diesel (compreso circuito raffreddamento acqua ed olio; esclusa batteria accumulatori per il lancio del gruppo)	»	2.950
Totale	kg	12.700

Parte meccanica e pneumatica

Telaio, cabine, organi di trasm. e repulsione	kg	10.960
Arredamento cabine (comprese condotte ventilazione) e attrezzi	»	1.160
Impianto produzione, distribuzione e mantenimento aria compressa	»	1.230
Carrelli (esclusi motori di trazione) compresi accessori relativi	»	15.750
Totale	kg	29.100

Equipaggiamento elettrico

Generatrice principale / Alternatore ausiliario (Marelli)	kg	6.600
4 motori di trazione (TIBB) compresi coppie ingranaggi e carter relativi	»	8.700
Generatrice ausiliaria e alternatore eccitatore, apparecchiature comando e controllo (C. G. E.) e cablaggio	»	2.810
Elettroventilatori motori di trazione	»	540
Batteria accumulatori	»	1.250
Totale	kg	19.900

Rifornimenti

Gasolio circa	kg	2.000
Olio »	»	600
Acqua »	»	800
Sabbia »	»	300
Totale	kg	3.700

Riassunto pesi locomotiva in assetto di servizio a 2/3 scorte:

	kg	%
Parte termica e accessori	12.700	19,8
Parte meccanica e pneumatica	29.100	45,5
Parte elettrica	19.900	31,0
Rifornimenti (2/3)	2.400	3,7
Totali	64.100	100,0

c) POTENZA E PRESTAZIONI

Potenza max continua (nominale) del Diesel alla flangia	Cv	1.320
N° di giri/min corrispondente		1.000
Net imput corrispondente di dimensionamento della generatrice principale	Cv	1.220
Potenza max corrispondente ai cerchioni (nell'intervallo di velocità da circa 31 a 100 km/h)	Cv	1.000

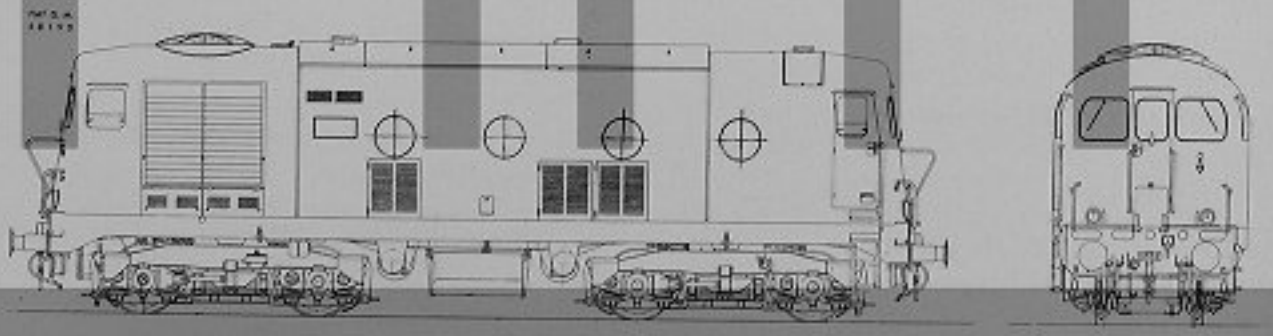


Fig. 1 - Vista esterna della locomotiva D. 341.

CENTRO STORICO FIAT

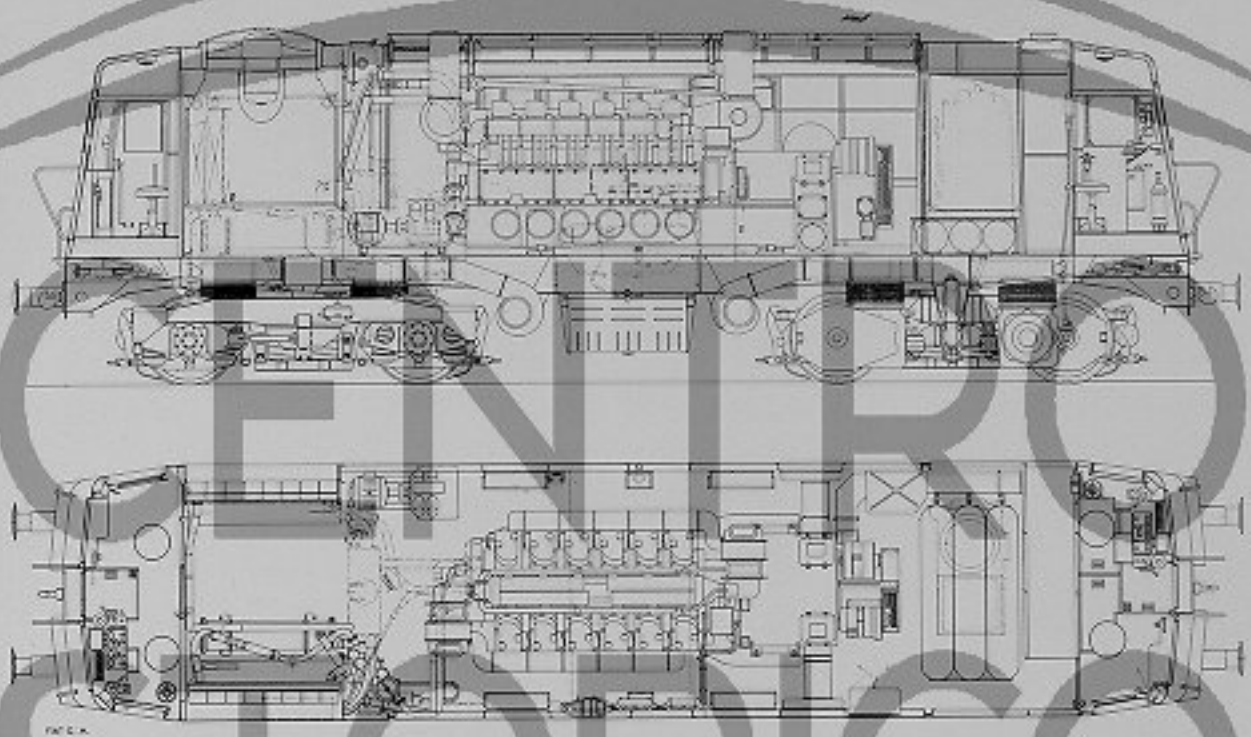


Fig. 2 - Sezione longitudinale e pianta con la disposizione del gruppo Diesel-elettrico e degli ausiliari.

Potenza continua di normale utilizzazione del Diesel alla flangia	Cv	1.200
N° giri/min corrispondente		960
Net imput corrispondente di dimensionamento della generatrice principale . . .	Cv	1.120
Potenza normale continua corrispondente ai cerchioni (nell'intervallo di velocità da circa 33,7 a 100 km/h)	Cv	930
Sforzo di trazione corrispondente al carico elettrico orario ai cerchioni	kg	8.900
Sforzo di trazione ai cerchioni corrispondente al carico elettrico continuo . . .	»	7.650
Sforzo di trazione massimo all'avviamento previsto per l'equipaggiamento elettrico, circa	»	18.900
(corrisp. ad un coefficiente di aderenza $f_a = 0{,}29$)		
Velocità massima della locomotiva . . .	km/h	100

d) AUTONOMIA.

Su linee pianeggianti, con velocità media non inferiore ai 70 km/h e con utilizzazione media di non oltre i 2/3 della potenza installata, l'autonomia non è inferiore ai 600 km.

3 - Parte meccanica

A - CASSA DELLA LOCOMOTIVA.

Disposizione degli organi principali.

La cassa della locomotiva comprende il telaio portante e la cabina in struttura alleggerita.

Con riferimento agli insiemi schematici in figg. 1 e 2, si notano:

1 - due cabine di guida, ciascuna dotata di un posto di manovra a sinistra; a dette cabine di guida si accede da due porte: una in testata per intercomunicazione tra locomotive (nell'eventualità di trazione in multiplo) attraverso ponticello ribaltabile, ed una di fianco a destra. Le cabine di guida hanno cielo e parete divisoria dal compartimento Diesel, opportunamente isolati termicamente ed acusticamente.

La cabina di guida nell'estremità destra è dotata di un armadietto per il personale e di un armadietto per la sistemazione della dotazione attrezzi;

2 - il compartimento macchine nel quale sono situati:

— l'armadio apparecchiatura elettrica;

— l'elettrocompressore dell'aria per i freni ed i comandi della locomotiva;

— il gruppo elettrogeno e precisamente il motore Diesel con le relative turbosoffianti di sovralimentazione e pompe acqua ed olio;

— la generatrice principale;
— l'alternatore ausiliario;
— l'alternatore eccitatore;
— la generatrice ausiliaria a c. c.;
— la caldaietta di preriscaldo del Diesel;
— la pompa per il travaso nafta e per l'olio del regolatore dei Diesel;
— i serbatoi dell'aria compressa;
— il compartimento dei refrigeranti del Diesel ed i cassoni della batteria di avviamento.

In corrispondenza del compartimento macchine, le pareti della cassa verso l'esterno della locomotiva sono dotate di finestrini con vetro fisso; la loro struttura è ad una sola facciata con membratura in vista.

Il tetto del compartimento macchine, suddiviso in tre sezioni, può essere facilmente rimosso per permettere montaggi e smontaggi.

Tra l'armadio degli apparecchi elettrici, sopracitato, ed il gruppo elettrogeno è lasciato libero lo spazio per la eventuale sistemazione di una caldaia a vapore per il riscaldamento del treno, così per le relative casse acqua si ha a disposizione spazio nella zona dei refrigeranti del Diesel.

Il telaio principale della locomotiva grava sui carrelli mediante 4 appoggi a pattini ed è costituito da due robusti longheroni con sezione a I collegati da due traverse di testata, due traverse principali intermedie (in corrispondenza dei perni ed appoggi sui carrelli) e da altre traverse secondarie. Questi longheroni hanno scartamento tale da accogliere direttamente gli appoggi del gruppo elettrogeno e da trasmettere pure direttamente il peso ai carrelli.

Due serie di mensole disposte esternamente ai longheroni e collegate da longheroni esterni secondari, costituiscono il collegamento con le fiancate.

Alle testate del telaio sono applicati gli organi di trazione-repulsione di tipo normale F. S.

B - Carrelli.

Come già accennato, i carrelli della locomotiva sono del tipo a due stadi di sospensione verticale, realizzati rispettivamente con molle in acciaio, ad elica, e con molle miste acciaio e gomma; la possibilità di spostamenti laterali del carico sospeso è realizzata mediante trave oscillante a sospensione pendolare.

Questo carrello, la cui vista esterna e principali sezioni risultano dalle figg. 2 e 3, comprende: un robusto telaio in lamiera saldata ad arco, costituito da due longheroni con sezione a II collegati da quattro traverse, gravanti, attraverso 8 gruppi di molle ad elica e 4 bilancieri, sulle 4 boccole. Queste sono unificate, del tipo a rulli cilindrici in uso sulle locomotive E. 636 ed E. 424.

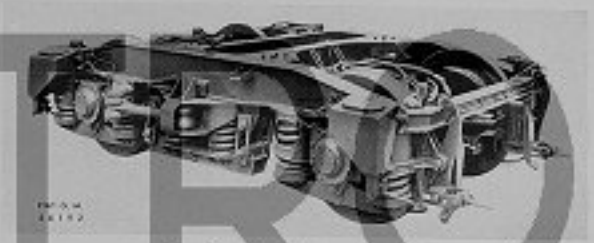


Fig. 3 - Il carrello completo.

Le sale montate sono di costruzione corrispondente ai capitolati delle F. S.

Le forze orizzontali (forze di trazione e frenatura e spinte laterali) vengono dalle boccole trasmesse al telaio del carrello attraverso parasale con guide in lenoplasto, del tipo in uso sulle precitate locomotive elettriche.

Il collegamento tra telaio del carrello e telaio principale della locomotiva è effettuato attraverso la trave oscillante; questo organo trasmette:

a) le forze orizzontali di trazione e frenatura, da un lato al telaio del carrello, attraverso due aste di spinta articolate su silentbloc, dall'altro al telaio della locomotiva, tramite una ralla sferica;

b) le forze orizzontali agenti trasversalmente all'asse della locomotiva, trasmesse fra telaio principale e trave oscillante dalla ralla e fra trave oscillante e telaio del carrello da due aste orizzontali (una per lato) e dai pendini della sospensione pendolare;

c) le forze verticali (pesi), ricevute dalla trave oscillante tramite i due pattini striscianti disposti in bagno d'olio (le ralle non portano peso) e trasmesse al telaio del carrello attraverso le molle in gomma ed acciaio della sospensione secondaria ed i pendini di cui sopra.

Al disopra delle molle ad elica della sospensione primaria sono disposti opportuni spessori di gomma.

Ogni ruota della locomotiva è prevista di proprio cilindro freno che, attraverso due leve e due tiranti, trasmette la forza frenante a due ceppi doppi per ruota.

Le articolazioni del leveraggio freno hanno perni e boccoline di tipo spaccato, in acciaio altamente resistente all'usura.

Ricambio dei ceppi, richiamo dei giochi, smontaggio dei cilindri freno, sono resi agevoli dalla sospensione dei vari organi.

Gli assi esterni dei due carrelli sono provvisti di dispositivo di sabbiatura: i serbatoi della sabbia ed i relativi eiettori sono disposti sul carrello stesso.

Quattro ganci, applicati direttamente a corrispondenti mensole del telaio, permettono di sollevare la cassa completa mediante gru adatta.

C - Parte termica.

1. - *Caratteristiche principali del Diesel.*

La locomotiva è equipaggiata con motore Diesel sovralimentato FIAT Grandi Motori tipo 2312 SF, avente le seguenti caratteristiche principali:

— ciclo Diesel a 4 tempi ad iniezione diretta;

— n. 12 cilindri a V, bielle alfiancate;

— alesaggio e corsa: 230 × 270 mm;

— cilindrata litri 134,616;

— potenza nominale (max continuativa): Cv 1320 a 1000 giri/min, corrispondente a:

$p.m.e. = 8{,}85$ kg/cm²;

$v.m.s. = 9$ m/s.

Questi valori di prestazione si riferiscono alle norme internazionali U. I. C. per le applicazioni ferroviarie;

— potenza normale continuativa di servizio: 1200 Cv a 960 giri/min, corrispondente a:

$p.m.e. = 8{,}35$ kg/cm²;

$v.m.s. = 8{,}65$ m/s;

— consumo di combustibile (gasolio) alla potenza di 1200 Cv: 160 g/Cvh (+ 3 %);

— consumo corrispondente di lubrificante: 2,5 kg/h.

2. - *Descrizione del Diesel.*

L'incastellatura ed il basamento del motore sono in acciaio saldato; l'albero a gomiti è alloggiato entro cuscinetti costituiti da semi-ralle rivestite di metallo antifrizione.

Le camicie dei cilindri sono di ghisa ad alta resistenza e raffreddate dall'acqua di raffreddamento circolante nell'incastellatura.

Le testate, pure in ghisa ad alta resistenza, una per cilindro, portano ciascuna due valvole di aspirazione della aria, due di scarico dei gas, il polverizzatore, il rubinetto di spia gas e la valvola di sicurezza.

L'albero motore è di dimensioni tali da portare fuori dal campo di funzionamento le velocità critiche torsionali più importanti.

Le bielle in acciaio stampato sono dimensionate in modo da dare il massimo diametro al perno di manovella, mantenendo la possibilità di sfilamento attraverso il cilindro.

Gli stantuffi sono in un solo pezzo in lega leggera.

Ogni fila di cilindri ha il proprio albero di distribuzione che comanda, con camme e punterie, le valvole di aspirazione e scarico e le pompe di iniezione della rispettiva fila di cilindri. Le pompe, montate ciascuna in un corpo separato, sono del tipo a stantuffo con scanalatura elicoidale e sono sistemate a fianco di ciascun cilindro.

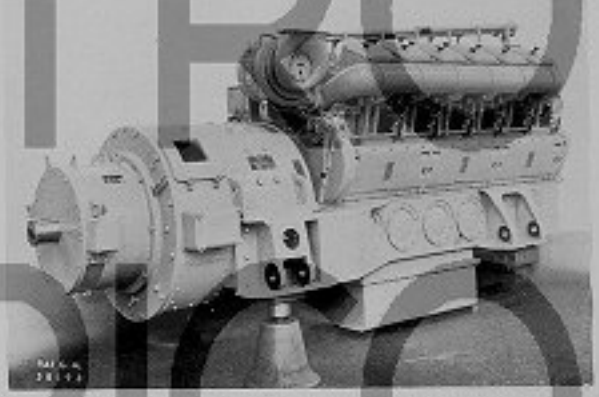


Fig. 4 - Motore FIAT 2312 SF con generatrice principale Marelli ed il relativo alternatore ausiliario.

La sovralimentazione è ottenuta con due turbosoffianti a gas di scarico (sistema Büchi-Brown Boveri) che servono ognuna una fila di sei cilindri.

Il motore è munito dei seguenti strumenti di controllo direttamente applicati: manometro olio, termometro olio, manometro acqua, termometro acqua.

Sul motore è applicato il regolatore elettroidraulico di governo C. G. E. il cui funzionamento viene descritto in seguito. Vi è inoltre installato un normale regolatore centrifugo di sicurezza che, in caso di guasto del regolatore di governo, impedisce al Diesel di raggiungere velocità pericolose.

Sono ancora installate sul motore e direttamente azionate dal medesimo:

— una pompa per la circolazione dell'olio di lubrificazione;

— una pompa di circolazione dell'acqua di raffreddamento.

Il motore è infine dotato di filtri olio e combustibile.

Il basamento del motore si prolunga con due bracci formanti una forcella destinata ad accogliere la generatrice principale, il cui indotto è direttamente flangiato all'albero del motore.

Il gruppo elettrogeno (fig. 4) resta così rigido e completo e viene fissato direttamente al telaio della locomotiva.

3. - *Qualità del combustibile e del lubrificante.*

Il combustibile impiegato normalmente per l'alimentazione del motore termico è gasolio rispondente alle norme CUNA (trazione auto).

Il lubrificante impiegato nel motore termico è del tipo HD (detergente grado suppl. 1) gradazione SAE 30.

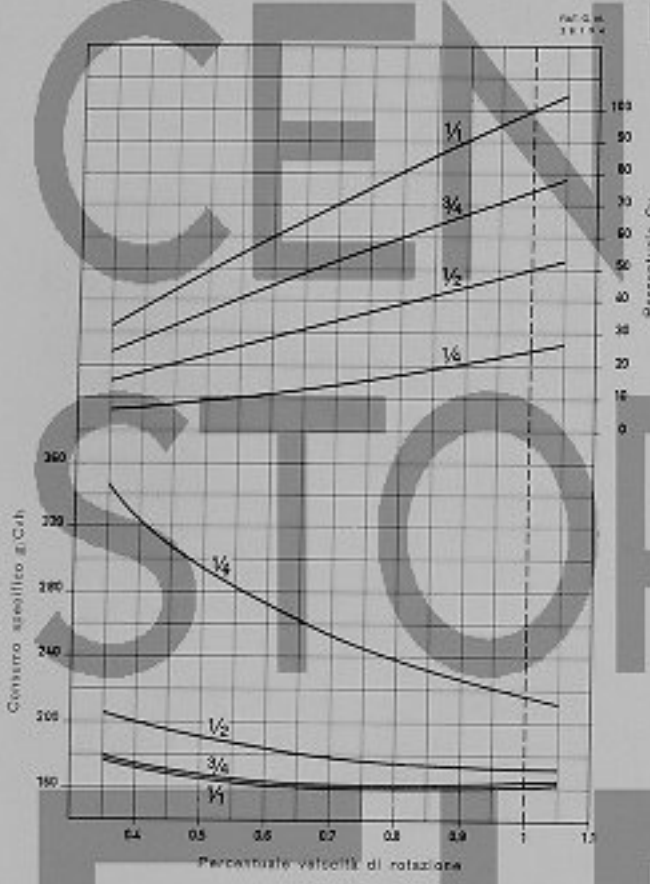


Fig. 5 - Abaco dei consumi specifici e delle curve di potenza del motore FIAT 2312 SF sovralimentato.

4. - *Abaco di potenza e consumi.*

La fig. 5 mostra l'abaco di potenza del motore 2312 SF con l'andamento del consumo specifico e della potenza resa in funzione della velocità di rotazione.

5. - *Ausiliari del motore Diesel.*

Avviamento. - Il motore è avviato elettricamente dalla generatrice principale funzionante da motore, con alimentazione dalla batteria di accumulatori di bordo, costituita da 64 elementi al Pb, tipo per avviamento, della capacità di circa 240 Ah alla scarica in 10 ore. Questi elementi, raggruppati in cassette, sono sistemati in due speciali cassoni disposti al disotto dei radiatori ed apribili verso l'esterno.

Alimentazione aria. - Le turbosoffianti di alimentazione del Diesel aspirano aria attraverso filtri a secco disposti in due speciali cassoncini a parete.

Alimentazione combustibile. - Il serbatoio principale è sistemato al disotto del telaio della locomotiva, tra i due carrelli, ed è dotato di due bocchette di rifornimento,

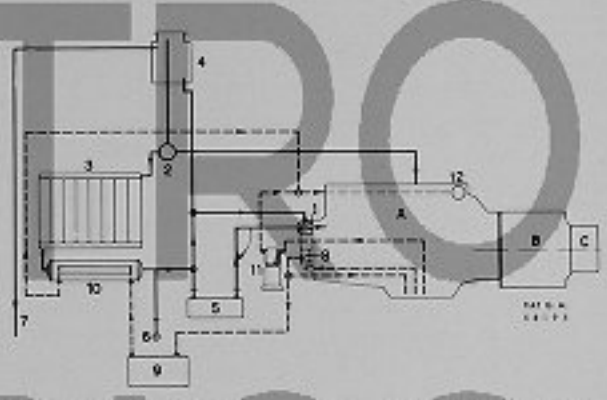


Fig. 6 - Schema dei circuiti acqua ed olio.

una per lato, di spurghi per facilitare la pulizia e di un livello a feritoia.

L'alimentazione del combustibile dal serbatoio principale alle pompe di iniezione avviene mediante una elettropompa. Sulla tubazione, dalla pompa spinta nafta alle pompe di iniezione, sono intercalati opportuni filtri.

Raffreddamento acqua ed olio del motore. - I circuiti di raffreddamento dell'acqua e dell'olio del motore sono rappresentati in fig. 6.

Una pompa centrifuga mossa dal Diesel fa circolare l'acqua in due circuiti in parallelo comprendenti, rispettivamente: il motore Diesel, il separatore di vapore, il radiatore, lo scambiatore di calore olio-acqua, la vaschetta di carico e riserva.

In parallelo con la pompa è disposta la caldaietta a nafta per il preriscaldamento del Diesel; questa caldaietta può pure essere usata per permettere eccezionali stazionamenti all'aperto della locomotiva con clima freddo; in tal caso richiede sorveglianza almeno saltuaria.

Il radiatore dell'acqua è costituito da elementi a tubi verticali in ottone ad alette orizzontali in rame. Questi elementi sono collegati in alto ed in basso a collettori che

li raggruppano pure in due telai collegati alle fiancate della locomotiva per mezzo di antivibranti. L'aria di raffreddamento di questo radiatore è fornita da un elettroventilatore sistemato ad asse verticale che l'aspira dalle fiancate e, attraverso convogliatori in lamiera, lo espelle dal tetto.

Questo gruppo elettroventilatore è smontabile dall'alto.

Sulle fiancate, davanti agli elementi dei radiatori, sono disposte persiane ad apertura regolabile ed a comando termostatico automatico (parzializzazione).

I radiatori sono facilmente ispezionabili e smontabili dalle fiancate della locomotiva.

Il sistema di raffreddamento è previsto per una temperatura massima esterna di circa 40° C.

Circuiti esterni dell'olio motore. — Il circuito dell'olio è unico per il raffreddamento e la lubrificazione.

Funge da serbatoio dell'olio il basamento del motore; da questo l'olio viene pescato dalla pompa di circolazione, per farla circolare nel filtro, nello scambiatore di calore olio-acqua ed infine nel motore.

La pompa dell'olio è del tipo a viti ed è mossa direttamente dal motore stesso; essa è dotata di valvola di regolazione della pressione.

In parallelo con la pompa di circolazione è disposta la elettropompa di prelubrificazione da azionare all'avviamento del Diesel.

Ventilazione del compartimento Diesel. — L'ambiente nel quale si trova il gruppo elettrogeno è mantenuto in lieve sovrapressione rispetto all'esterno, in quanto, come è detto in seguito, la generatrice principale vi scarica la propria aria di ventilazione aspirata direttamente dall'esterno attraverso collettori e filtri. A questo modo, dato anche che nessun'altra macchina attinge aria dall'interno di detto compartimento (salvo i minori ausiliari elettrici), la lievissima sovrapressione che vi regna genera un costante flusso di aria dall'interno all'esterno (attraverso aperture praticate tra fiancate e tetto mobile), che mantiene ventilato l'ambiente ed evita normalmente l'ingresso di polvere e corpi estranei dall'esterno.

D - Equipaggiamento elettrico.

L'equipaggiamento elettrico di trazione è del tipo, ormai classico, a corrente continua, con generatrice principale regolata in modo da assorbire potenza costante dal Diesel, e motori di trazione del tipo ad eccitazione serie.

I 4 motori di trazione sono connessi costantemente in parallelo sulla generatrice e provvisti di indebolimento di campo (vedi schema in fig. 7).

L'equipaggiamento, studiato per realizzare le caratteristiche, consta delle seguenti parti.

1. - *Generatrice principale E. Marelli* (fig. 8).

Tipo MOL 170 D 60 speciale per trazione Diesel-elettrica, ad 8 poli, con poli di commutazione ed eccitazione separata con avvolgimenti serie per il funzionamento come motore all'avviamento del Diesel.

La macchina è del tipo con un solo supporto a cuffia.

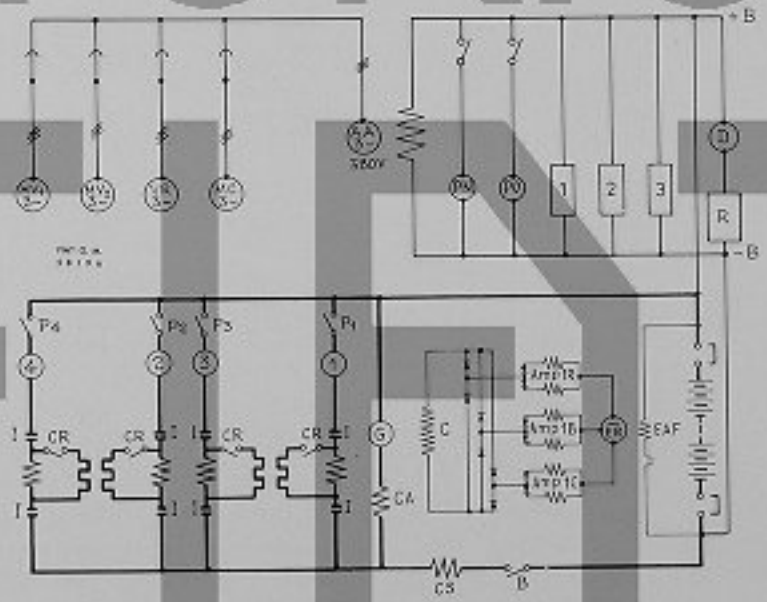


Fig. 7 - Schema semplificato dei circuiti di trazione e dei servizi ausiliari.

La carcassa è in lerro saldato, accuratamente lavorata e fissata al prolungamento del basamento del Diesel. Sul lato accoppiamento l'indotto presenta una flangia rigidamente fissata alla flangia dell'albero del Diesel. Una delle estremità è portata dal supporto dell'albero del Diesel stesso, mentre l'altra, lato collettore: poggia su di un cuscinetto a doppia corona di rulli, del tipo oscillante, ampiamente dimensionato.

Tutto l'isolamento è in classe « B ».

Le bobine di campo sono previste con impregnazione a compound e successiva cottura per ottenere bobine più compatte agli effetti meccanici e termici, allo scopo di accelerare l'evacuazione del calore verso la superficie.

Le matasse dell'indotto sono isolate e pressate, prima di sistemarle in cava, allo scopo di ottenere dimensioni geometriche costanti.

I bandaggi sono applicati solamente alle testate delle matasse.

Per amarrare le bobine nelle cave sono previste biette che garantiscono una assoluta sicurezza in servizio.

Nel pacco lamiere dell'indotto sono previsti fori assiali per la ventilazione.

I portaspazzole sono rigidamente fissati alla carcassa per garantendosi una accurata posizione delle spazzole in zona neutra. Essi sono di costruzione particolarmente robusta, del tipo per trazione.

La macchina è in costruzione protetta ventilata. Larghe aperture, con coperchi facilmente asportabili, sono previste per l'ispezione delle spazzole e del collettore.

La ventola, calettata all'estremità dell'indotto lato Diesel, aspira l'aria dal lato collettore, convogliandola attraverso i fori assiali di ventilazione nel pacco lamellare di indotto e attraverso gli spazi liberi tra le bobine di campo, sulla carcassa.

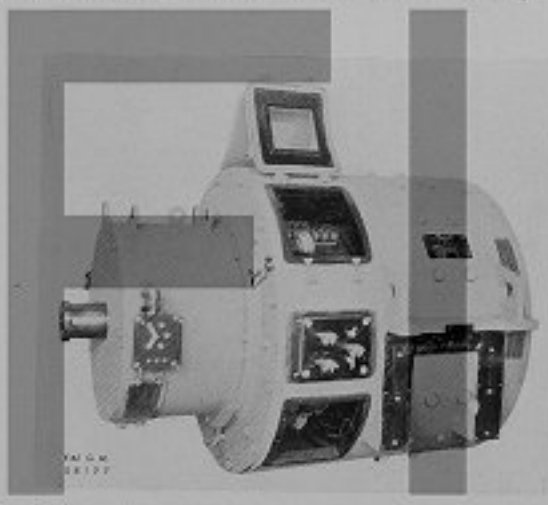


Fig. 8 - Generatore principale ed alternatore ausiliario (E. Marelli).

Le finestre previste per l'aria nella carcassa sono specialmente studiate per ottenere un elevato volume d'aria di ventilazione.

L'aria di ventilazione è prelevata all'esterno della locomotiva mediante due condotte collegate alle apposite finestre della generatrice e depurata dell'eventuale pulviscolo con opportuni filtri installati sulle fiancate della locomotiva stessa.

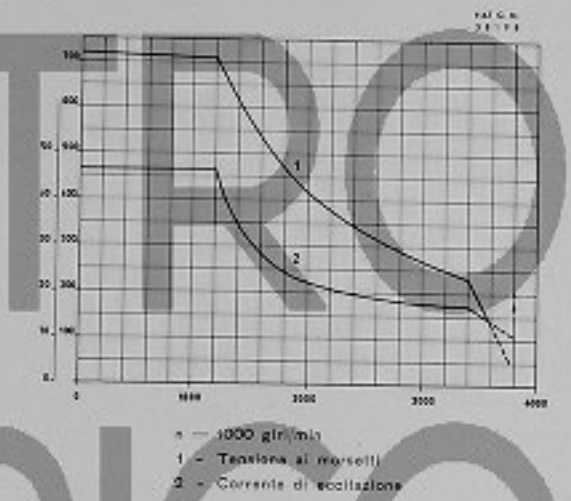


Fig. 9 - Caratteristica di eccitazione della generatrice principale a 1000 giri/min
(Net imput 900 kW c.a. - Potenza ai morsetti 860 kW).

La generatrice è prevista per una prestazione in regime orario di 1920 A, alla tensione di 400 e 440 V rispettivamente per i regimi 960 e 1000 giri/min del Diesel. Ciò corrisponde ad una potenza netta assorbita all'albero del generatore di 1120 e 1220 Cv rispettivamente.

Il carico continuativo della macchina è di 1720 A, cui corrisponde una tensione di 450 e 490 V rispettivamente per i regimi suddetti di 960 e 1000 giri/min del Diesel.

Il rendimento totale della macchina entro l'intervallo tra il carico continuo e quello orario si aggira tra 0,93 e 0,92.

La caratteristica teorica di regolazione di questa generatrice è riportata in fig. 9.

2. - *Motori di trazione.*

I 4 motori di trazione tipo T. I. Brown Boveri GTDM 240 (figura 10), sono eccitati in serie, sospesi a naso, a ventilazione forzata, avvolti ciascuno per le seguenti caratteristiche:

Con tensione costante ai morsetti di 400 V

Potenza oraria misurata all'albero	177	kW
Corrente (oraria)	480	A
Giri corrispondenti	660	giri/min
Potenza continuativa misurata come sopra	160	kW
Corrente (continuativa)	430	A
Giri corrispondenti	690	giri/min
Resistenza del motore a 75°	0,051	Ohm

Con tensione ai morsetti variabile
(funzionamento Diesel-elettrico)

Potenza oraria misurata all'albero	177	kW
alla tensione di	400	V
ed alla velocità di	660	giri/min
con corrente di	480	A
Potenza continuativa misurata come sopra	177	kW
alla tensione di	450	V
ed alla velocità di	780	giri/min
Corrente (continuativa)	430	A

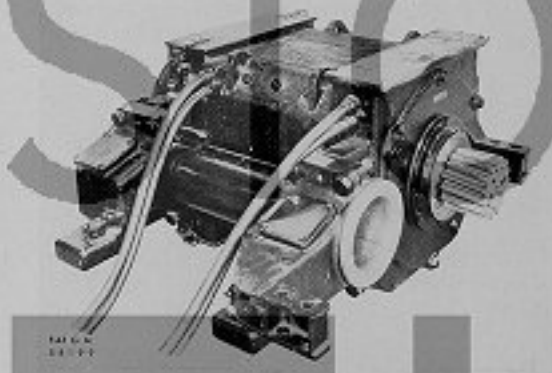


Fig. 10 - Motore di trazione con pignone montato (Tecnomasio Italiano Brown Boveri).

Isolamento degli avvolgimenti in classe « B ».

Le curve caratteristiche sono riportate in fig. 11.

I motori sono provvisti di un solo gradino di indebolimento di campo (ottenuto per shuntaggio delle bobine di campo su resistenze ohmiche. Il grado di shuntaggio è del 40 %).

Il comando dell'indebolimento campo è ottenuto automaticamente a mezzo del circuito di regolazione e comando con appositi relais.

La carcassa del motore, a sezione rettangolare, è in acciaio fuso con scudi supporto pure in acciaio fuso ed appoggio sulla sala con cuscinetti rivestiti di metallo bianco; sospensione elastica al telaio del carrello, dal lato opposto, mediante staffa fissata con bulloni ai piani verticali di appoggio della carcassa, molla di gomma e pendino imperniato su silentbloc (fig. 12).

L'albero del motore, in acciaio fucinato ad alta resistenza, è provvisto di cuscinetti largamente dimensionati

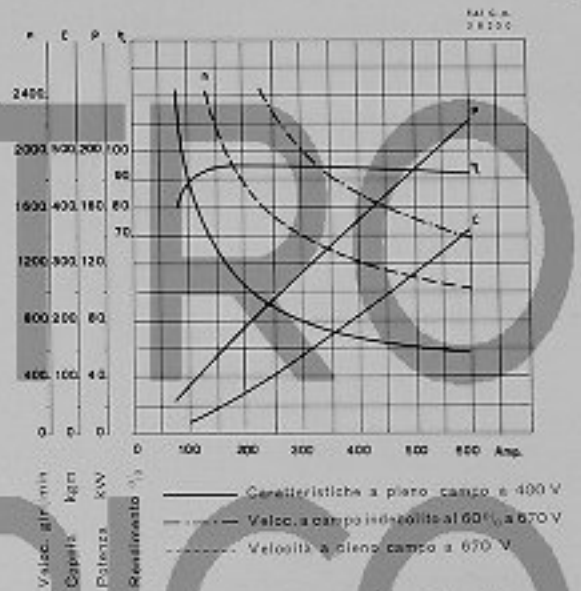


Fig. 11 - Curve caratteristiche del motore di trazione.

e lubrificati a grasso con scatole di tenuta a labiriati; i cuscinetti sono a rulli cilindrici sul lato pignone, ed a rulli a botte, su doppia fila, sul lato collettore.

Il motore ha 4 poli principali laminati e 4 poli di commutazione, le bobine sono isolate con tessuto di vetro ed opportunamente trattate.

Il pacco lamiere dell'indotto è costituito da lamierini magnetici isolati tra loro con carta e montati su una bussola in acciaio fuso, calettata sull'albero.

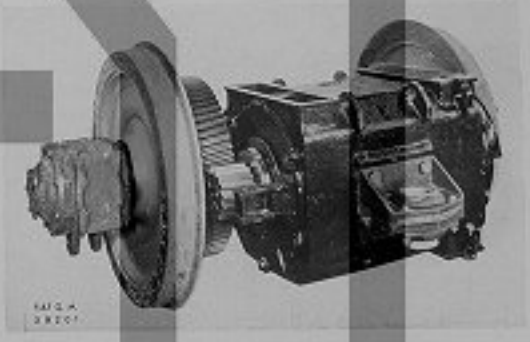


Fig. 12 - Gruppo motore-sala.

L'avvolgimento dell'indotto è di tipo embricato, con collegamenti equipotenziali situati dal lato opposto del collettore; le singole piattine, avvolte con micaseta, sono

raggruppate in bobine isolate mediante compresse di micafoglio.

Il collettore, montato su un prolungamento della bussola dell'indotto, è costituito da lamelle in rame elettrolitico di adatta durezza, con incastro a coda di rondine ed isolamento, rispetto alla bussola ed all'anello di pressione, con anelli conici in micanite pressata in un sol pezzo.

Il motore è provvisto di 4 portaspazzole doppi di bronzo, con spazzole di tipo elettrografitico.

Le 4 serie di ingranaggi per la trasmissione del moto con rapporto di 1:4,54 (68/15 denti, modulo 11), sono costituite ciascuna da:

— 1 pignone in acciaio ad alta resistenza, cementato, temperato e rettificato, con dentatura corretta, denti inclinati, costruzione per montaggio sull'estremità conica dell'albero del motore;

— 1 ruota dentata rigida, con mozzo in acciaio fuso in un sol pezzo e corona in acciaio fucinato ad alta resistenza montata a caldo. Fissaggio della ruota sull'asse mediante pressatura, senza interposizione di chiavetta.

Le reazioni tra sala e motore dovute alla componente assiale della spinta sugli ingranaggi a denti obliqui, sono sopportate dagli spallamenti dei cuscinetti di appoggio del motore sulla sala;

— 1 scatola custodia ingranaggi in lamiera saldata, con opportune tenute. Le spazzole ed i collettori dei motori di trazione sono accessibili attraverso sportelli dalla fossa di ispezione.

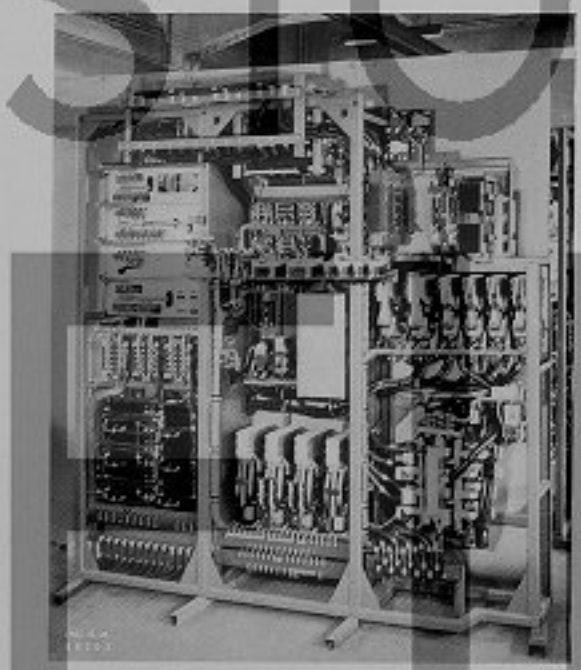


Fig. 13 - Armadio delle apparecchiature di comando, controllo e regolazione (C. G. E.)

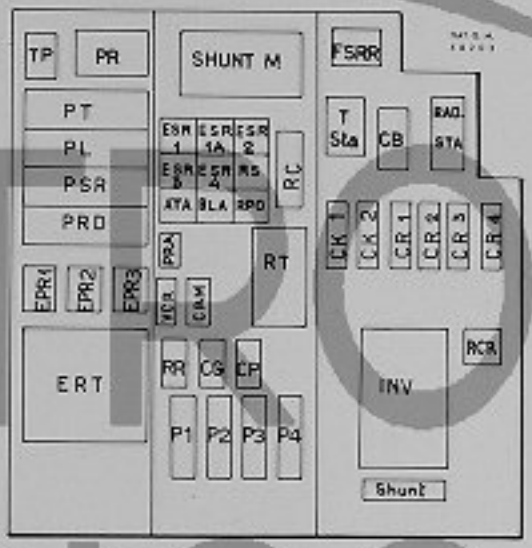


Fig. 14 - Disposizione schematica delle principali apparecchiature dell'armadio in fig. 13.

LEGGENDA

ATA	Relè alta temperatura acqua
BLA	Relè basso livello acqua
CB	Coltello batteria
CG	Contattore campo generale
CP	Contattore pompa
CK1-2	Contattori avviamento Diesel
CR1-2-3-4	Contattori campo ridotto
CRM	Coltello per relè terra
EPR1-2-3	Reattori principali
ERT	Raddrizzatori
ESR1-1A-2-3-4	Relè di velocità
FSRR	Pannello resistenze campo ridotto
P1-2-3-4	Contatti di linea
PL	Pannello limitazione
PR	Pannello resistenza
PRA	Pannello resistenze ausiliari
PRD	Pannello regolazione Diesel
PSR	Pannello segnale riferimento
PT	Pannello taratura
RAD STA	Raddrizzatori di stabilizzazione
RC	Contattore carica batteria
RCR	Relè campo ridotto
RPO	Relè pressostato olio
RR	Relè ritardato
RS	Relè segnalazione
RT	Regolatore di tensione
TP	Trasformatore principale
TSta	Trasformatore ausiliario di stabilizzazione
VCR	Riduttore di tensione

3. - *Apparecchiatura di comando, regolazione e controllo.*

Questa apparecchiatura, di costruzione C. G. E. - Milano, comprende:

a) elementi sistemati nell'armadio apparecchiatura elettrica la cui vista e disposizione schematica sono rappresentate rispettivamente nelle figg. 13 e 14. Essi sono:

— 4 contattori elettropneumatici per l'inserzione dei 4 motori elettrici (indicati con P1-2-3-4);

— 1 inversore elettropneumatico per la marcia avanti o indietro;

— 9 contattori elettromagnetici, quattro per lo shuntaggio dei campi dei motori (CR 1-2-3-4), 2 per

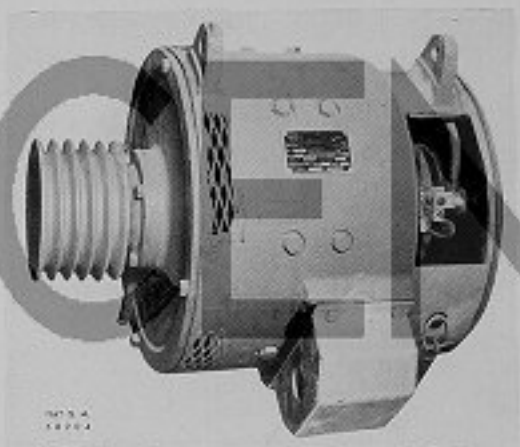


Fig. 15 - Generatrice ausiliaria a c. c. per carica accumulatori.

l'inserzione del generatore principale sulla batteria come motore di lancio per l'avviamento del Diesel (CK 1-2), 2 per la carica della batteria e per l'inserzione del campo della generatrice principale (RC e CG), 1 per inserzione motore pompa spinta combustibile (CP);

— 1 serie di relè ausiliari per realizzare le otto posizioni di potenza/giri del Diesel (ESR 1,1A, 2, 3, 4);

— 1 serie di pannelli portanti gli amplificatori magnetici, i raddrizzatori, ecc.;

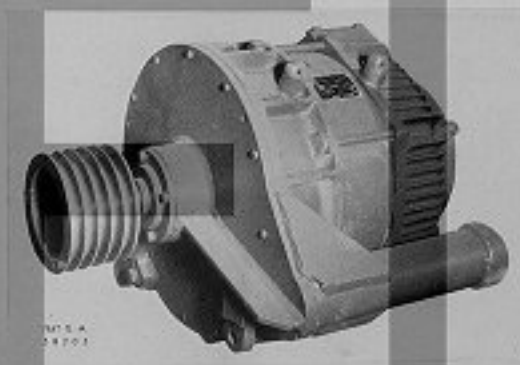


Fig. 16 - Alternatore eccitatore.

b) elementi sistemati nelle cabine di manovra e precisamente:

— 1 combinatore di avviamento, regolazione e comando inversione;

— 1 commutatore ausiliario per l'esclusione indiretta dei motori;

— 1 serie di strumenti di misura della corrente e della tensione della generatrice principale e della batteria;

— 1 serie di interruttori, coltelli e fusibili ecc. per i circuiti di comando;

c) elementi sistemati sul gruppo Diesel e precisamente:

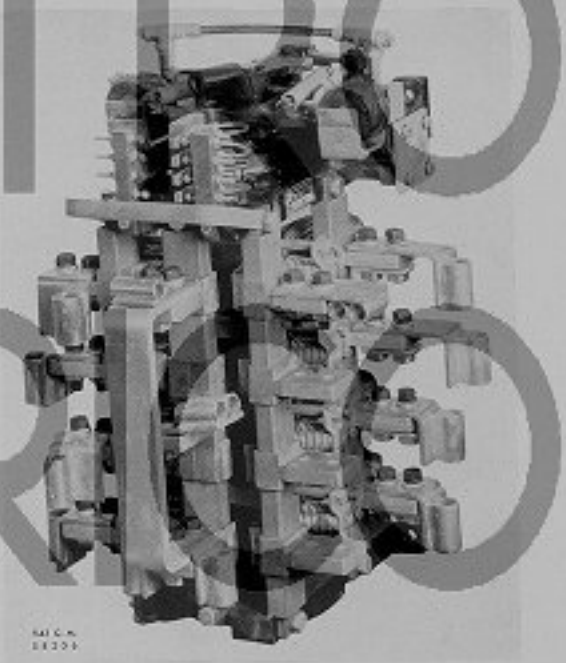


Fig. 17 - Inversore elettropneumatico (C. G. E.).

— 1 alternatore tachimetrico;

— 1 generatore ausiliario per carica batterie (fig. 15);

— 1 alternatore eccitatore (fig. 16);

— 1 regolatore elettroidraulico.

I *contattori elettropneumatici* sono del tipo ad azionamento ad aria ed a comando elettrico, largamente dimensionati.

L'elevata pressione tra i contatti e la rapida apertura provocata dalla molla ne assicurano il perfetto e sicuro funzionamento.

Una valvola comandata elettricamente assicura l'immissione e lo scarico dell'aria.

L'*inversore elettropneumatico* (fig. 17) ha 8 contatti principali ed una serie di contatti di blocco ed è azionato da un cilindro pneumatico, in cui viene opportunamente immessa aria compressa da una delle due valvole elettropneumatiche, che fanno parte dell'inversore stesso.

I *contattori elettromagnetici* sono del tipo normale ad azionamento elettromagnetico e largamente dimensionati.

Il *combinatore di avviamento e regolazione* è del tipo con contatti azionati da camme montate su alberi verticali.

Le manette che comandano i gruppi di contatti provvedono una alla marcia avanti o indietro della locomotiva e l'altra alla regolazione della potenza e giri del Diesel nelle 8 posizioni.

Le varie manette sono fra loro interbloccate meccanicamente in modo da impedire manovre errate.

E - LA REGOLAZIONE.

Su un rotabile Diesel-elettrico riveste importanza fondamentale il sistema di regolazione.

Per ogni regime di potenza del Diesel occorre regolare automaticamente i due fattori della potenza del generatore elettrico, tensione e corrente, in modo che, nel campo di velocità di normale utilizzazione della locomotiva, il loro prodotto si mantenga il più possibile costante, talchè ne risulti una caratteristica meccanica, sforzi-velocità, abbastanza prossima alla curva ideale iperbolica.

Accanto a tale requisito fondamentale, rientra nei compiti della regolazione la protezione del termico da eccessi di coppia, da repentine variazioni di regime (dovute a brusche variazioni del carico o ad errori di manovra) e la protezione dell'equipaggiamento elettrico di trazione da eccessi di corrente e di tensione.

Sulla locomotiva D. 341 il sistema di regolazione della potenza è del tipo AMPLISTAT, realizzato dalla Compagnia Generale Elettricità è derivato dal tipo AMPLIDINA, di vasta esperienza della GECO americana in numerosissime applicazioni su locomotive Diesel costruite negli S. U. ed in esercizio in vari Paesi.

Caratteristica principale del sistema è quella di evitare ogni manipolazione su circuiti attraversati da correnti di una certa entità (es. reostati di campo, ecc.) per cui tutto il complesso dell'azione di regolazione si svolge giocando su correnti molto deboli (piccole frazioni di ampère).

L'amplificazione sui circuiti da regolare viene realizzata attraverso apparecchi statici-amplificatori magnetici (nel sistema amplidina la amplificazione era affidata a un apparato ruotante) strutturalmente di una estrema compattezza, con i vantaggi evidenti che possono prevedersi nell'esercizio pratico e nella manutenzione dell'apparecchiatura elettrica.

Il sistema accennato di regolazione AMPLISTAT prevede:

1) piena utilizzazione della potenza del Diesel (nominale e continuativa) in tutta la zona di velocità che interessa l'esercizio della locomotiva (praticamente tra i 30 ed i 100 km/h);

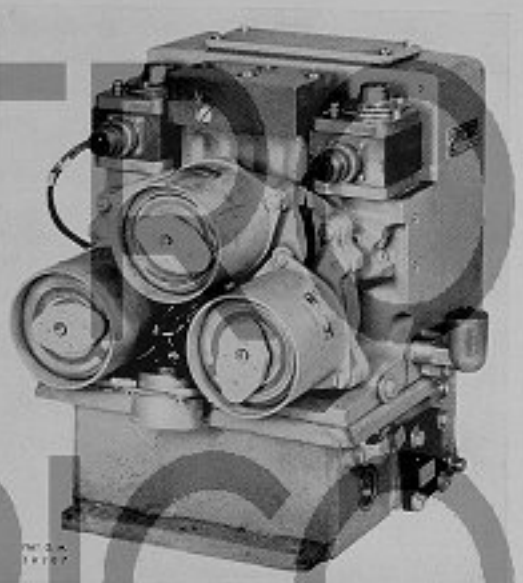


Fig. 18 - Regolatore elettroidraulico C. G. E. (vista anteriore senza custodia di protezione).

2) protezione automatica e pronta del Diesel da eccessi di coppia, specie in caso di difetto di un cilindro (iniezione);

3) eliminazione delle brusche variazioni del regime di rotazione per improvvise variazioni del carico elettrico;

4) mantenimento senza « oscillazioni », per ogni posizione della manetta di accelerazione (cui corrisponde una determinata coppia di valori potenza/giri del Diesel), del carico del motore termico al variare delle esigenze di trazione (utilizzazione della caratteristica meccanica della locomotiva);

5) indipendenza sul carico del motore termico delle variazioni normali od accidentali dell'equipaggiamento elettrico (variazioni di temperatura negli avvolgimenti, tensione della batteria, difetto di comando, ecc.).

L'organo principale trasmettitore degli « ordini di regolazione », in relazione ed in accordo agli ordini volontari (da parte del conducente) od involontari (conseguenti a variazioni qualsiasi di regime) ricevuti con le piccole correnti, è il regolatore elettroidraulico (vista in fig. 18) che costituisce al tempo « cuore e cervello » del sistema e che interviene sulla mandata del combustibile al motore Diesel, sul carico di quest'ultimo attra-

CENTRO STORICO FIAT

verso l'eccitazione della generatrice principale, e sui dispositivi di stabilizzazione del complesso.

E' nel regolatore che convengono ordini e squilibri sotto l'aspetto di segnali elettrici di minima entità, che vengono tradotti tempestivamente in opportune variazioni della alimentazione del Diesel, dell'eccitazione del generatore ad esso accoppiato, ed in provvedimenti di stabilizzazione.

L'intensità della corrente (continua) di eccitazione è controllata negli avvolgimenti ABC in alternata, a monte del successivo raddrizzamento, da circuiti di controllo schematizzati in (F_1-F_2), (F_3-F_4), (F_5-F_6), (F_7-F_8) nella citata fig. 19.

Questi avvolgimenti di controllo sono attraversati da correnti raddrizzate il cui intervento e la cui entità corrispondono ai vari « ordini » di regolazione.

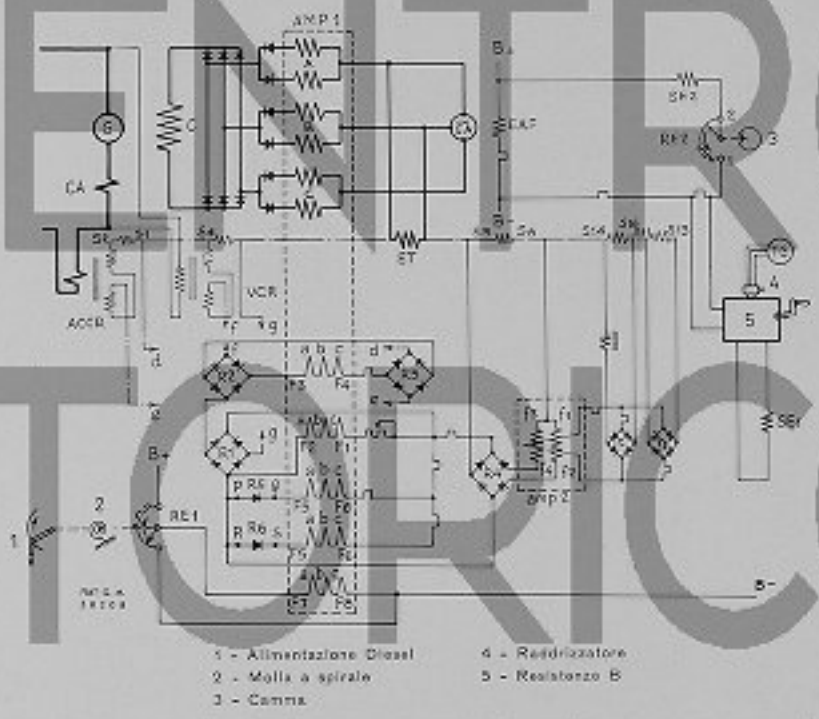


Fig. 19 - Schema del circuito di regolazione.

Le parti essenziali del sistema di regolazione sono (v. schema in fig. 19):

— un alternatore trifase di eccitazione AE;

— un gruppo di amplificatori magnetici e raddrizzatori di eccitazione (AMP 1);

— riduttori di corrente e tensione ACCR, VCR;

— un gruppo di apparecchi ausiliari per piccole correnti (amplificatore magnetico ausiliario, trasformatore di alimentazione ET, raddrizzatori R_1-R_2, ecc.);

— un regolatore elettroidraulico.

L'alternatore trifase di eccitazione alimenta, attraverso i tre avvolgimenti ABC dell'amplificatore magnetico AMP 1 ed i successivi raddrizzatori statici a secco, il campo della generatrice principale.

Una derivazione su due delle tre fasi dell'alternatore alimenta l'avvolgimento ET del trasformatore di alimentazione.

a) *Segnale riferimento giri del Diesel.*

Così, l'avvolgimento di controllo F_1-F_2 è alimentato dal segnale riferimento giri del Diesel, cioè da una grandezza elettrica (corrente) prelevata dal secondario del trasformatore ET (avvolgimento S_{14} S_{15} ed S_{11} S_{12}) raddrizzata in r_1, r_2 e combinata in F_1-F_2 in un segnale continuo proporzionale ai giri del Diesel. Tale segnale controlla nell'amplificatore magnetico ausiliario (ampl. 2) la corrente in F_3-F_4 (derivata sempre dal trasformatore ET), che, a sua volta raddrizzata in R_3, alimenta il citato avvolgimento F_1-F_2 di controllo dell'eccitazione sull'AMP 1.

L'azione di F_1-F_2 è comprensibile. Ad un aumento dei giri del Diesel (« ordine volontario » di aumento della potenza) e quindi della intensità del segnale riferimento giri, deve corrispondere un aumento della tensione alla generatrice e quindi della eccitazione. Ciò avviene attraverso AMP 1, ove un incremento della corrente di

controllo in F_3-F_3 produce, con l'aumento della saturazione nei nuclei magnetici, una diminuzione dell'impedenza dei circuiti principali ABC e quindi in definitiva un aumento della corrente raddrizzata di eccitazione della generatrice principale.

avvolgimento rispetto ad F_2-F_2 (riferimento giri) in azione limitatrice sulla eccitazione della generatrice principale, in modo che ne risultino coppie ben definite di massimi di tensione e di corrente per ogni valore giri/potenza prescelto dal manovratore a seconda delle necessità di trazione.

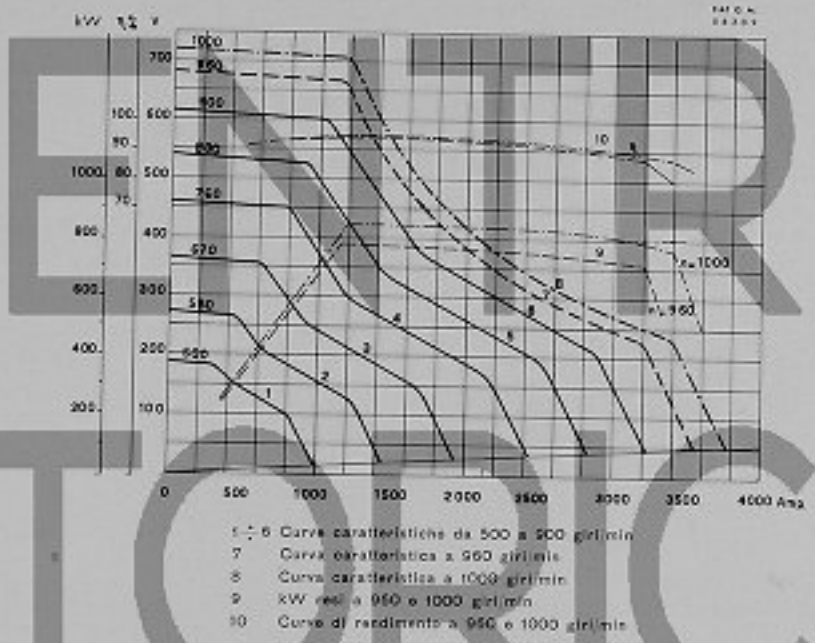


Fig. 20 - Caratteristiche di potenza regolata della generatrice principale.

b) *Limitazione di massima corrente e tensione.*

L'avvolgimento di controllo F_3-F_4, che ha azione antagonista sull'AMP 1 rispetto all'azione di F_1-F_2, è preposto alla limitazione dei valori max della corrente I e della tensione V della generatrice principale.

Esso riceve il segnale dei riduttori di corrente RA e di tensione RV che forniscono grandezze alternate proporzionali rispettivamente alla corrente di lavoro ed alla tensione della generatrice principale e che vengono raddrizzate in R_3 R_4.

I segnali dei due riduttori, opportunamente collegati, agiscono sull'amplificatore magnetico principale in maniera tale che gli effetti non si sommano, ma la limitazione avviene per l'azione del riduttore avente la maggior corrente secondaria in ogni condizione di funzionamento.

In tal modo l'azione di controllo avviene praticamente solo allorché uno dei due segnali supera un determinato valore, ossia quando, o la tensione, o la corrente, superano il valore max, prefissato per il gradino stabilito di potenza del gruppo.

Questi segnali simmetrici limitatori su F_3-F_4 si traducono mediante il citato antagonismo magnetico di tale

c) *Limitazione di potenza sulla caratteristica.*

La regolazione automatica a potenza costante (o quasi) in ciascuna delle caratteristiche di potenza del gruppo generatore avviene a mezzo avvolgimenti di controllo tipo F_5-F_5 la cui azione si compone con quella vista precedentemente di F_3-F_4 ed è quindi in opposizione all'azione di F_1-F_2.

Nei circuiti F_5-F_5 sono inseriti opportunamente i raddrizzatori R_5, R_6 dello schema.

Supposta, ad esempio, una condizione di funzionamento nella zona dei più alti valori di corrente (minime tensioni) su una delle varie caratteristiche di potenza intermedie, da 1 a 6 (vedi fig. 20), immaginando che successivamente allo spunto la corrente assorbita dall'equipaggiamento di trazione tenda a diminuire e quindi (gioco di F_3-F_4) la tensione ai morsetti ad aumentare, ad un certo punto la tensione secondaria del riduttore VCR, attraverso ai raddrizzatori R_5, R_6, fa crescere il potenziale del punto P a monte di R_5 rispetto a Q (a valle). Dal momento in cui la tensione di P supera quella di Q si ha una corrente di controllo attraverso F_5-F_5. Poichè anche detto avvolgimento è magneticamente antagonista

ad F_1-F_2 all'azione limitatrice di F_3-F_4 (corrente max) viene a comporsi quella di F_5-F_6 e la caratteristica tensione/corrente cambia gradiente pur risultando sempre a variazione lineare (vedi diagramma in fig. 20).

Successivamente, continuando ancora a crescere la tensione (funzionamento verso la zona alta della caratteristica V, I), l'ulteriore aumento della tensione al secondario di VCR sblocca il circuito traverso R_5 (aumento del potenziale di R rispetto ad S) e l'altro avvolgimento F'_5-F'_6 sottrae questa volta la propria azione al precedente nell'AMP 1 e la caratteristica cambia ancora gradiente (altro tratto lineare della curva di potenza regolata).

Questa risulta dunque per i gradini da 1 a 6 praticamente composta di quattro tratti di spezzata delimitanti rispettivamente tre zone, una di max corrente, una di max tensione ed una (comprendente i tratti intermedi della spezzata) di variazione di potenza che si discosta non molto sensibilmente dalla iperbole di potenza costante.

La caratteristica iperbolica è realizzata solamente negli ultimi due gradini di funzionamento corrispondenti alle ben determinate potenze continuativa max e normale del Diesel.

Tale variazione iperbolica (potenza rigorosamente costante) è ottenuta correggendo l'azione combinata di controllo degli avvolgimenti F_3-F_4 ed F_5-F_6 con l'azione complementare del potenziometro RE. 1 del regolatore elettroidraulico che si inserisce elettricamente su un ulteriore avvolgimento di controllo su AMP 1, indicato con F_7-F_8 nello schema in fig. 19; l'azione di quest'ultimo è, al solito, magneticamente antagonista con F_1-F_2.

Dell'intervento di RE. 1 nella regolazione, è detto più avanti; comunque il seguire quasi esattamente la caratteristica iperbolica è affidato alla sensibilità del regolatore che corregge la tendenza a rallentare od accelerare del motore (conseguenti rispettivamente ad in aumento o diminuzione della coppia elettromeccanica sulla generatrice) con un intervento immediato sul potenziometro RE. 1 nel senso di provocare una variazione di regime sull'avvolgimento di controllo F_7-F_8 e quindi, nel senso dovuto, sull'eccitazione della generatrice, adeguandola istantaneamente alle variazioni del carico elettrico.

d) Intervento del regolatore elettroidraulico.

Il funzionamento del regolatore elettroidraulico è schematizzato in fig. 21.

Il regolatore comprende essenzialmente due valvole elettroidrauliche ciascuna delle quali comanda il passaggio di olio in pressione (preparato da una elettropompa separata) a due servomotori.

Il primo complesso valvola-servo controlla la velocità del Diesel, il secondo il grado di mandata massima del combustibile.

Le valvole elettroidrauliche sono in equilibrio (comunicazioni idrauliche chiuse verso i rispettivi servomotori) quando una determinata corrente di taratura nei solenoidi di comando SE. 1, SE. 2 produce un'azione magnetica sui nuclei mobili che eguaglia la tensione delle rispettive molle antagoniste.

Qualsiasi variazione della corrente di taratura in SE. 1 in aumento od in diminuzione produce un abbassamento o rispettivamente un sollevamento della valvola rispetto alla sua posizione centrale e, attraverso l'apertura delle luci, il passaggio dell'olio in pressione e l'azionamento del servomotore S 1 in salita o rispettivamente in discesa.

Quest'ultimo servomotore comanda, attraverso un sistema meccanico, schematizzato in figura, con un complesso di alberi rotanti e leveraggi, l'asta di regolazione mandata delle pompe di iniezione combustibile PI.

Il solenoide SE 1 di controllo della valvola elettroidraulica in questione è inserito in un circuito la cui tensione di alimentazione, fornita da un generatore tachimetrico A mosso dal Diesel, risulta rigorosamente proporzionale in ogni istante ai giri di quest'ultimo; la resistenza totale di detto circuito può essere variata opportunamente attraverso un manipolatore a relè M, comandato dal controller di comando marcia, a monte del quale è inserito il raddrizzatore R.

Ogni « ordine volontario » sulla marcia del Diesel viene effettuato con una variazione di resistenza (diminuzione od aumento) del circuito di SE. 1.

Più precisamente, se si vuole aumentare (rispettivamente diminuire) il regime del Diesel, si manipola il circuito di SE. 1 nel senso di aumentare (risp. diminuire) la sua resistenza totale. Ciò provoca una variazione in caduta (risp. in aumento) della corrente di taratura e quindi un movimento in alzata (risp. in discesa) della valvola rispetto alla posizione di equilibrio; segue l'azionamento idraulico del servomotore S 1 e la variazione in aumento (risp. in riduzione) della mandata delle pompe combustibile. Il Diesel accelera (risp. decelera) e quindi anche l'alternatore tachimetrico A ad esso collegato aumenta (risp. diminuisce) la intensità del segnale e quindi la tensione applicata al circuito di SE. 1.

Il nuovo regime si stabilisce quando la variazione di tensione in aumento (risp. in diminuzione) avrà compensato la originaria variazione di resistenza, ristabilendo la corrente di taratura in SE. 1 e quindi il ritorno della valvola in posizione di equilibrio ed il blocco del servomotore S 1 e dell'asta della pompa combustibile nella nuova posizione.

Questo avviene per i comandi volontari cioè per gli ordini di marcia effettuati dal macchinista. E' facile immaginare le « reazioni » del complesso elettroidraulico descritto a seguito di una variazione « involontaria » di regime del Diesel provocata da una variazione di coppia accidentale di qualsiasi natura (elettrica o meccanica) sul Diesel. Il motore reagisce allo squilibrio fra le coppie motrice e resistente con una variazione di giri; il sistema descritto riporta i giri al valore di regime preesistente alla causa di squilibrio intervenendo sulla alimentazione combustibile.

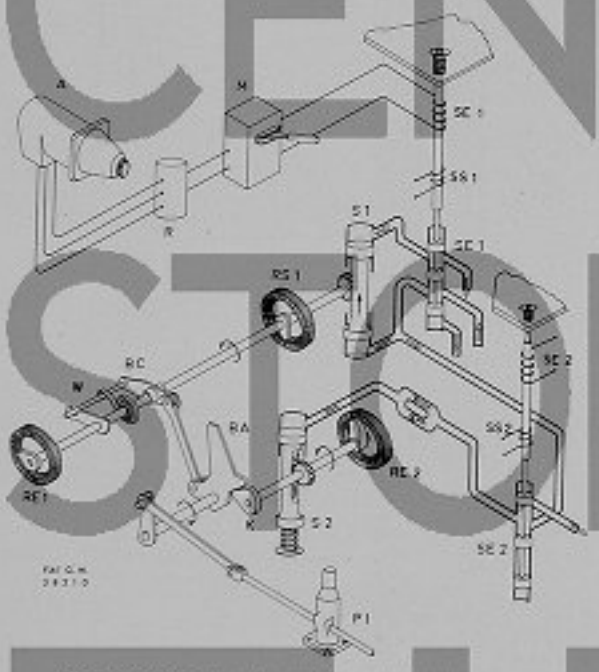


Fig. 21 - Schema del regolatore elettroidraulico.

La funzione dell'altra valvola elettroidraulica SE 2 (con relativo servomotore S 2) è quella di regolare e rendere progressivi gli incrementi di mandata (e quindi del carico e dei giri) sul Diesel stabiliti dal servomotore 1.

Nel circuito di SE 2, alimentato dalla tensione costante della batteria, è normalmente inserito il reostato toroidale RE 2 del regolatore elettroidraulico.

La corrente si mantiene in SE 2 ad un valore inferiore a quello di equilibrio tra le azioni antagoniste solenoide-molla sull'equipaggio della valvola.

Solo in 7ª posizione (960 giri/min del Diesel) la rotazione del cursore del reostato RE 2, comandata dal regolatore, fa assumere sul circuito di SE 2 il valore di taratura per l'equilibrio suddetto.

A questo regime la valvola di SE 2 è chiusa ed il pistone del servo S 2 è bloccato. Per regimi inferiori a 960 giri/min la corrente di SE 2 è inferiore a quella di equilibrio e la molla mantiene la valvola aperta verso l'alto (posizione dello schema di fig. 21) ed aperto quindi al servomotore S 2 il passaggio del fluido che risulta quindi regolato dalla valvola SE 1; la posizione del servomotore S 2 è definita dalla pressione del fluido nella sua parte superiore e dalla tensione della molla antagonista nella parte inferiore.

Il servomotore S 2 comanda direttamente la rotazione in una camma K che in ogni posizione stabilisce un arresto (limitazione dell'angolo di rotazione) del braccio BA che comanda la cremagliera delle pompe iniezione.

Ad un avanzamento della maniglia di comando marcia sul banco tra le posizioni 1 e 6 corrisponde, come si è detto prima, un « ordine » sul regolatore che si traduce in uno spostamento del servomotore S 1 e del braccio BA nel senso di aumentare la mandata combustibile. Il braccio BA però deve, per avanzare, avere campo libero dalla camma K la cui rotazione è consentita dall'avanzamento del servomotore S 2; l'accesso dell'olio a questo è però permanentemente strozzato attraverso una luce tarata, sicchè lo spostamento verso il basso del pistone è rallentato. Il braccio BA, la cui appendice è impegnata dalla camma K, può spostarsi solo alla velocità (alquanto ridotta) di quest'ultima.

Il movimento del pistone S 1, non regolato da strozzature, è più veloce di quanto consentito dal sistema camma K - bracci BA e BC. Tale ultimo braccio BC è folle sull'albero; la rotazione di quest'ultimo sotto l'azione del servo S 1 è quindi possibile, ma attraverso il carico della molla a spirale W.

Ristabilitasi la corrente di equilibrio in SE 1, la valvola si chiude e cessa quindi il flusso d'olio ai servo S 1 e S 2, ma la molla W con la sua azione determina un parziale ritorno indietro del servo S 1 e quindi un piccolo avanzamento verso il basso del servo S 2 con un certo disimpegno della camma K dall'appendice del braccio A, al quale viene quindi consentita una data libertà di avanzamento per le necessità di regolazione nella posizione di marcia considerata.

Le due ultime posizioni di marcia del Diesel (7ª e 8ª della maniglia di comando del banco) sono, come si è detto, a regolazione iperbolica della caratteristica meccanica; essendo costanti i rispettivi numeri di giri del Diesel, nessun aumento della mandata combustibile è consentito.

La camma K è pertanto mantenuta bloccata: in 7ª posizione del banco dalla chiusura della valvola SE 2 (corrente in equilibrio raggiunta nel solenoide SE 2) e quindi bloccaggio del servo S 2; in 8ª posizione per il fatto che, superata in SE 2 la corrente di taratura, la valvola idraulica assume una posizione per cui si deter-

mina la piena ammissione dell'olio in S 2 e quindi lo spostamento a fondo corsa di esso servomotore e della camma K.

Ai regimi, dunque, di marcia del Diesel corrispondenti alle potenze continuative « massima » e « normale », qualsiasi squilibrio, cui consegua una tendenza al rallentamento del motore, non può essere corretto da un intervento del regolatore nel senso di aumentare la mandata combustibile e quindi la coppia al motore, ma deve essere fronteggiato mediante un alleggerimento del carico elettrico sulla generatrice.

Ciò assicura la variazione « iperbolica » della caratteristica meccanica nonché la protezione del Diesel contro qualsiasi eccesso di coppia derivante da sovraccarico elettrico o meccanico e da guasti (esempio: deficiente iniezione in qualche cilindro).

A questo fine, nella 7ª ed 8ª posizione di marcia del Diesel, l'intervento attivo del regolatore elettroidraulico è di natura elettrica sul reostato toroidale RE 1, il cui cursore, mosso dall'albero del servomotore S 1, impegna il settore attivo del reostato nel circuito F_1-F_2 di controllo della eccitazione della generatrice principale sull'amplificatore magnetico. Ogni causa di rallentamento della velocità del Diesel si traduce in riduzione di eccitazione e quindi di carico elettrico sul generatore, sino a riportare la coppia all'albero ad un valore tale da rispettare il valore di regime di giri stabilito (960 o 1000 rispettivamente).

Altri due reostati toroidali vengono comandati dai servomotori del regolatore elettroidraulico:

— il reostato RE 2 (comandato dal servo S 2) di limitazione del combustibile è inserito nel circuito di SE 2 derivato sulla batteria. Esso, come già detto avanti, interviene a partire da una certa posizione del servomotore S 2 diminuendo la resistenza totale del circuito SE 2 fino a quando (in 7ª posizione) il valore della corrente in detto circuito assume il valore di taratura per l'equilibrio della relativa valvola elettroidraulica con intercettazione del fluido al servomotore S 2;

— il reostato stabilizzatore (comandato dal servo S 1), così detto perché provvede alla stabilizzazione, cioè ad evitare pendolazioni nella regolazione, facendo sì che la variazione conseguente all'intervento della regolazione avvenga aperiodicamente e non a seguito di oscillazioni.

Per questo le valvole elettroidrauliche di controllo velocità e limitazione del combustibile hanno, oltre ai rispettivi avvolgimenti di comando già descritti SE 1 ed SE 2, anche un avvolgimento di stabilizzazione (SS 1, SS 2). Il movimento del servomotore S 1, che segue ad ogni movimento della sua valvola elettroidraulica di comando, provoca, attraverso l'azionamento del cursore del reostato di stabilizzazione, una variazione di resistenza del circuito dei solenoidi di stabilizzazione; una capacità in derivazione determina conseguentemente un transiente di corrente tale da generare nei solenoidi di stabilizzazione

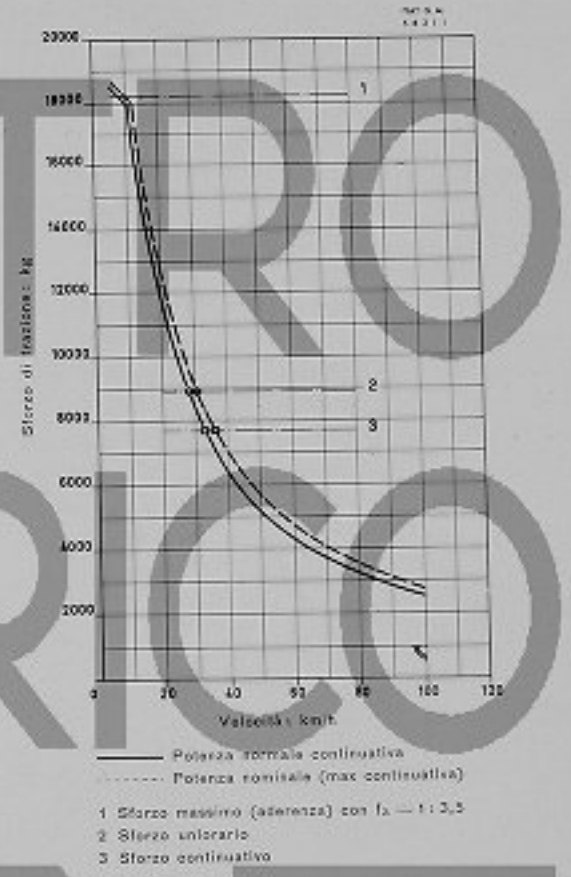


Fig. 22 - Caratteristica meccanica della locomotiva.

delle valvole elettroidrauliche, campi magnetici contrari a quelli delle bobine principali SE 1, SE 2 che hanno dato luogo allo spostamento delle valvole stesse. Ciò porta a ritardare e smorzare il movimento delle valvole stesse ed a prevenire i fenomeni suddetti di pendolazione nella regolazione.

Prestazioni della locomotiva e previsioni di larga massima sulle economie di esercizio attuabili sulla linea Taranto-Battipaglia

Nella tabella I sono riportati i valori dei carichi in tonnellate rimorchiabili al gancio della locomotiva in corrispondenza alle varie velocità ed al variare della resistenza al moto offerta dalla livelletta (pendenza + curva = i + ρ). I valori dei carichi sono stati calcolati sulla base della caratteristica meccanica della locomotiva corrispondente

alla curva di potenza continuativa « normale » del Diesel (960 giri/min e 1200 Cv) - fig. 22 - e presuppongono

Teb. 1 - Carichi rimorchiabili al gancio della locomotiva (potenza normale continuat. del motore Diesel 1200 Cv - 960 giri/min)

VALORI DI (i + ρ)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Carichi in decatonnellate per le diverse velocità: 100 km/h	32	25	19	15	11	9	7	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
95 ..	34	28	21	16	13	10	8	7	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
95 ..	38	32	24	18	14	12	10	8	7	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
85 ..	44	36	27	21	16	13	11	9	8	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—
80 ..	50	41	30	23	19	15	13	10	9	7	6	5	—	—	—	—	—	—	—
75 ..	57	47	34	26	21	17	14	12	10	9	7	6	5	5	—	—	—	—	—
70 ..	64	54	39	30	24	19	16	14	12	10	9	7	6	6	5	—	—	—	—
65 ..	75	61	44	34	27	22	18	16	13	12	10	9	8	7	6	5	—	—	—
60 ..	86	70	50	38	30	25	21	18	15	13	12	10	9	8	7	6	5	5	—
55 ..	99	80	56	43	34	28	24	20	18	15	13	12	11	9	8	7	7	6	5
50 ..	114	91	64	49	39	32	27	23	20	18	15	14	12	11	10	9	8	7	6
45 ..	133	106	74	56	45	37	31	27	23	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8
40 ..	150	124	86	65	52	43	36	31	27	24	21	19	17	16	14	13	12	11	10
35 ..	150	145	100	76	61	50	42	37	32	28	25	23	21	19	17	16	14	13	12
33 (*)	150	150	106	79	64	53	45	39	34	30	27	24	22	20	18	17	15	14	13
30 ..	150	150	119	90	72	60	51	44	38	34	31	27	25	23	21	19	18	16	15
28 (**)	150	150	127	96	77	63	54	47	41	37	33	29	27	24	22	21	19	18	16

(*) Velocità corrispondente al carico massimo continuativo dei motori di trazione
(**) Velocità corrispondente al carico unionario dei motori di trazione

un margine per lo sforzo al cerchione, rispetto al valore di regime, di 0,01 kg/tonnellata quale sforzo acceleratore residuo.

I valori corrispondenti a quelli di tabella, ma calcolati

Il margine tra le due serie di valori è riservato alle possibilità di ricupero del mezzo di trazione rispetto agli estremi di orario determinati sui dati di prestazioni e velocità della tabella riportata.

I valori massimi dei carichi rimorchiabili sulle varie livellette sono limitati ovviamente dai sovraccarichi termici

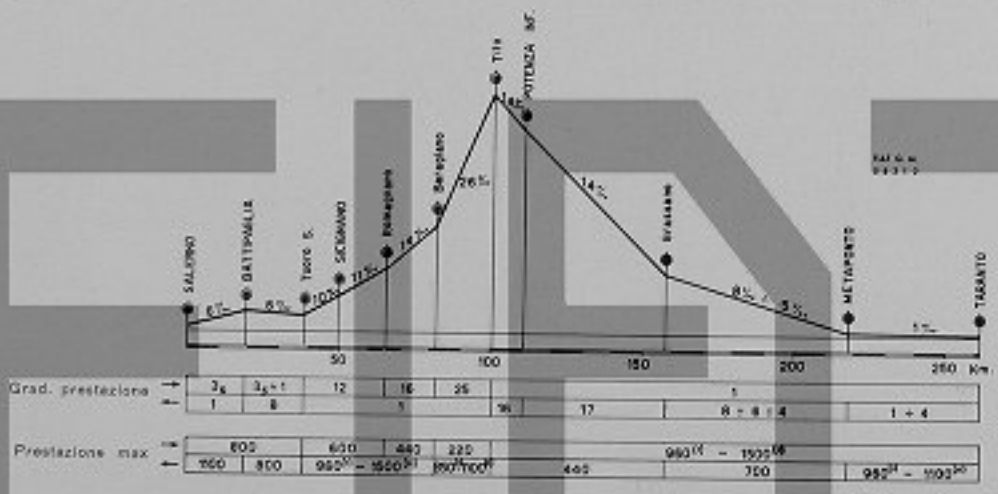


Fig. 23 - Profilo altimetrico della linea Salerno - Potenza - Taranto.

sulla caratteristica di potenza continua « massima » del Diesel (1000 giri/min e 1320 Cv) potrebbero ottenersi dai precedenti, aumentandoli in ragione del rapporto fra le potenze 1320/1200).

sugli equipaggiamenti elettrici (generatrice principale e motori di trazione).

Le locomotive della serie in esame sono destinate al primo esperimento di dieselizzazione integrale dei servizi

sulla linea Taranto-Metaponto-Potenza-Battipaglia (Salerno): km 243.

Tale linea a medio traffico è, dal punto di vista altimetrico, caratterizzata da tre sezioni caratteristiche (vedi profilo in fig. 23):

— circa 150 km ad andamento prevalentemente pianeggiante o con pendenze brevi e di valore massimo 7 ÷ 8 ‰;

— circa 74 km con pendenze continue comprese tra il 14 ed il 15 ‰;

— circa 20 km con pendenza molto elevata: 26 ‰.

I tratti in pendenza hanno andamento planimetrico accidentato con curve di raggio modesto e frequenti percorsi in galleria che risultano di notevole soggezione con l'attuale trazione a vapore. L'esercizio a vapore impegna locomotive a quattro ed a cinque assi accoppiati.

I carichi max rimorchiabili dalla locomotiva e limitati, sui tratti acclivi, dai regimi prossimi a quello orario dell'apparecchiatura elettrica di trazione, sono indicati, per i due sensi, in basso sotto al profilo della linea.

sul percorso Taranto - Potenza - Battipaglia. Riduzioni di percorrenza ancora superiori sono da attendersi in relazione alle aumentate accelerazioni di avviamento, conseguenti alla riduzione dei perditempi relativi, nonchè ai guadagni sulle soste per ragioni di movimento per il maggior snellimento nella circolazione dei treni.

L'attuazione dell'esercizio completo a trazione Diesel sulla Taranto-Battipaglia, oltre ai notevoli vantaggi derivanti dall'abolizione delle soggezioni legate all'esercizio con trazione a vapore ed al miglioramento nella circolazione per le ridotte percorrenze dei treni, porterà alla realizzazione di sensibili economie di gestione in conseguenza della contrazione nel numero di locomotive in esercizio, della riduzione degli oneri per spese di combustibile, di personale (di condotta e di rimessa) e di manutenzione rotabili.

In relazione alle statistiche del traffico afferenti alla linea in esame, si può stabilire il seguente confronto di larga massima per gli oneri di esercizio nella alternativa trazione a vapore e trazione Diesel:

Tabella 2

	Trazione a vapore	Trazione Diesel	Differenza	Differenza %
a) Unità di traffico (merci + viaggiatori)			—	—
* ETKVR / annue Milioni	5,2	5,2	—	—
** ETKVTC / annue Milioni	9,—	7,5	— 1,5	— 16,7 %
b) Combustibile:				
Carbone migliaia t / anno	32	—	—	—
Gasolio migliaia t / anno	—	5,—	—	—
b') KCal / anno × 10^9	240	50	— 190	— 79,1 %
(Carbone Pci = 7500 Cal/kg)				
(Gasolio Pci = 10000 Cal/kg)				
c) Numero locomotive in esercizio	36	18	— 18	— 50 %
d) Spese di esercizio (personale condotta e rimessa, combust. e lubrif., riparaz. e manut. locomotive, milioni di lire / anno)	910	580	— 330	— 36,3 %

* Cento tonnellate kilometro virtuali rimorchiate.

** Cento tonnellate kilometro virtuali treno completo, compresa la locomotiva.

Il guadagno sulle percorrenze nette che sarà possibile realizzare coi nuovi orari di impostazione, rispetto a quelle dell'esercizio con trazione a vapore, risulterà di circa:

il 15 % per i treni viagg. diretti

il 25 % » » » accel. legg.

il 20 % » » merci diretti

Sulla base delle economie di previsione suindicate, l'ammortamento dei nuovi mezzi di trazione, la cui utilizzazione media può essere indicata in 80.000 km/anno e 280.000 ETKVR/anno, sarebbe possibile in circa 10 anni, calcolando al 90 % la quota del capitale d'acquisto della locomotiva ed al 7,5 % la quota interessi relativi.

Dr. Ing. PAOLINO CAMPOSANO

IL MOTORE 2312 SF

LA PIÙ MODERNA CREAZIONE DELLA NOSTRA ESPERIENZA QUASI QUARANTENNALE NEL CAMPO FERROVIARIO

CENTRO STORICO FIAT

Premessa

Nel multiforme campo delle attività della Fiat la trazione ferroviaria è sempre stata considerata con particolare interesse.

La costruzione del materiale ferroviario e in modo particolare di locomotive e di automotrici costituisce la produzione fondamentale della Sezione Materiale Ferroviario, ed ha sempre interessato il nostro Stabilimento Grandi Motori per lo studio e la costruzione dei motori destinati alle locomotive.

I primi sviluppi dell'attività Fiat in questo campo risalgono ai primi anni dopo la prima guerra mondiale, con la costruzione di piccole automotrici di tipo sperimentale azionate da motori a benzina e con la costruzione di una prima locomotiva destinata alle ferrovie calabro-lucane, che in quel tempo suscitò un notevole interesse.

Vari altri tipi di locomotive e di motori sono stati successivamente costruiti nel periodo di tempo fino ad oggi trascorso.

Le condizioni del mercato europeo, particolarmente di quello italiano, non sono però state fino ad oggi tali da permettere la costruzione su grande scala di locomotive, in quanto l'orientamento delle amministrazioni ferroviarie nel campo dell'ammodernamento e delle nuove costruzioni è stato fino ad oggi prevalentemente rivolto allo sviluppo della trazione elettrica.

La richiesta di locomotive Diesel è stata quindi finora limitata a prototipi ed a piccole serie. Questo però non ha impedito di approfondire il problema, ed ha permesso di approntare ogni volta motori sempre più perfezionati e aggiornati con gli ultimi sviluppi della tecnica, utilizzando l'esperienza delle precedenti costruzioni e quella ricavata dai molto più numerosi motori costruiti per altri servizi.

Esaminando il cammino percorso, pensiamo sia opportuno mettere in evidenza le caratteristiche dei motori che a partire dal 1924 abbiamo costruito per la trazione ferroviaria.

Anno 1924. - Motore tipo Q 256, a due tempi, semplice effetto, con 6 cilindri di 250 mm di diametro 300 mm di corsa, della potenza di 450 Cv a 500 giri/min (Fig. 1).

Uno di questi motori fu installato su una locomotiva di tipo sperimentale, costruita dalla Ditta Krauss di Linz con trasmissione mista a vapore ed aria compressa, ed un altro su una locomotiva Diesel elettrica costruita in collaborazione con il Tecnomasio Brown Boveri, che fu impiegata sulle linee calabro-lucane (Fig. 2).

Fig. 1 - Motore tipo Q 256.

Fig. 2 - Locomotiva delle Ferrovie Calabro-Lucane.

Anno 1924 - Motore Q 256 - 450 Cv a 500 giri/mis - 6 cilindri in linea - Diametro: 250 mm - Corsa: 300 mm - Peso: 10 t

Quest'ultima locomotiva presentò per quel tempo un notevole successo, tanto che i disegni vennero ceduti ad un Consorzio di ditte americane che costruì, con motori di produzione locale, un notevole numero di locomotive per il parco ferroviario di New York.

Anno 1928. - Motore tipo V 206, a quattro tempi, con 6 cilindri di 200 mm di diametro e 270 mm di corsa. Questo motore, che costituì il prototipo dei motori veloci di diametro e 180 mm di corsa, sviluppante una potenza di 400 Cv a 1500 giri/min (Fig. 7). Molti di questi motori, allora di tipo molto avanzato, sono ancora oggi in

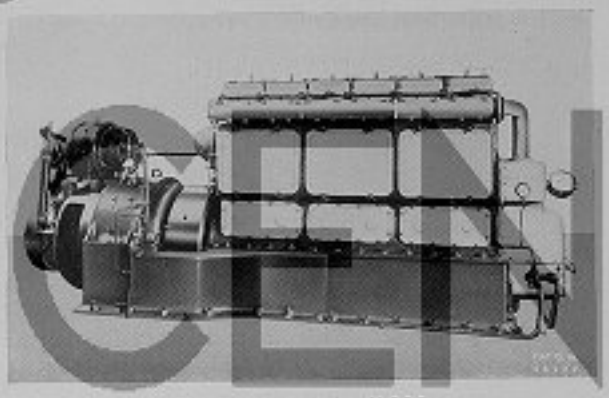


Fig. 3 - Motore tipo V 206.

Fig. 4 - Automotrice Diesel-elettrica.

Anno 1928 - Motore V 206 - 200 Cv a 800 giri/min - 6 cilindri in linea - Diametro: 200 mm - Corsa: 270 mm - Peso: 3,8 t

ad iniezione meccanica, dava la potenza di 200 Cv a 800 giri/min (Fig. 3). È stato impiegato su locomotive e sulle prime automotrici Diesel elettriche costruite dalle F. S. (Fig. 4).

Anno 1932. - Motore tipo VM 166, a quattro tempi, con 6 cilindri di diametro 160 mm e corsa 220 mm, potenza 150 Cv a 1200 giri/min (Fig. 5).

Motori di questo tipo sono stati montati su locomotive Diesel-elettriche, che sono state in servizio fino a pochi anni fa sulle ferrovie Somale (Fig. 6).

servizio, sia su autotreni articolati a 3 casse (Fig. 8), sia su molte locomotive di manovra delle F. S. di costruzione americana, dove hanno sostituito i motori originali.

Anni 1940 ÷ 1941. - Motore tipo V 2012 V, a quattro tempi, con 12 cilindri a « V », di 200 mm di diametro e 270 mm di corsa (Fig. 9).

Questo motore è munito di dispositivo di sovralimentazione allo scopo di mantenere alla quota di 2400 m sul mare la potenza di 550 Cv a 900 giri/min; fu impiegato in locomotive per le linee della Colonia Eritrea;

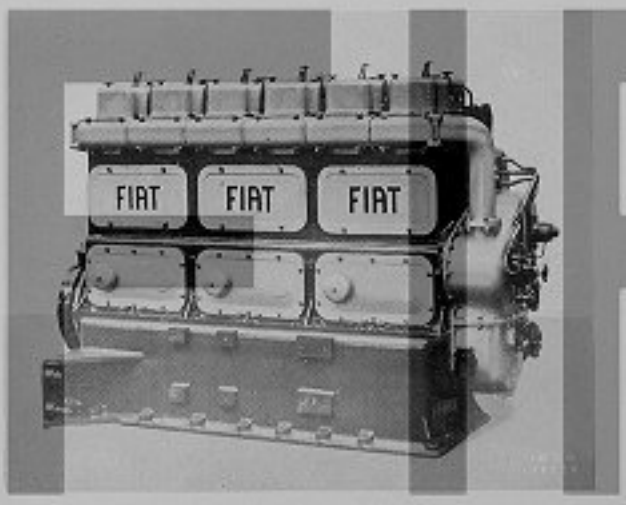


Fig. 5 - Motore tipo VM 166.

Fig. 6 - Locomotiva Diesel-elettrica delle Ferrovie Somale.

Anno 1932 - Motore VM 166 - 150 Cv a 1200 giri/min - 6 cilindri in linea - Diametro: 160 mm - Corsa: 220 mm - Peso: 2,55 t

Anno 1936. - Motore tipo V 1612, a quattro tempi, leggero e veloce, con 12 cilindri a « V » di 160 mm

tali locomotive risultano essere ancora in servizio nelle ferrovie Libiche (Fig. 10).

Anni 1955 ÷ 1956. - Motore tipo 226, a quattro tempi, con 6 cilindri di 220 mm di diametro, e 270 mm di corsa, avente una potenza di 300 Cv a 1000 giri/min (Fig. 11). E' stato impiegato, tra l'altro, su locomotive di manovra (Fig. 12).

Anni 1956 ÷ 1957. - Motore tipo 288 ES, a quattro tempi, con 8 cilindri di 280 mm di diametro e 360 mm di corsa. E' sovralimentato in due varianti, con sovralimentazione normale (Fig. 13) e con sovralimentazione più elevata con refrigerazione dell'aria.

Nelle due soluzioni sviluppa rispettivamente la potenza di 1200 Cv e di 1500 Cv a 750 giri/min. Di questo motore sono stati costruiti o sono in costruzione circa 300 esemplari per le Ferrovie Argentine.

nel 1956 la Fiat è stata interpellata dalle F. S. per una fornitura di locomotive Diesel-elettriche per le quali si richiedevano motori con potenza di circa 1320 Cv.

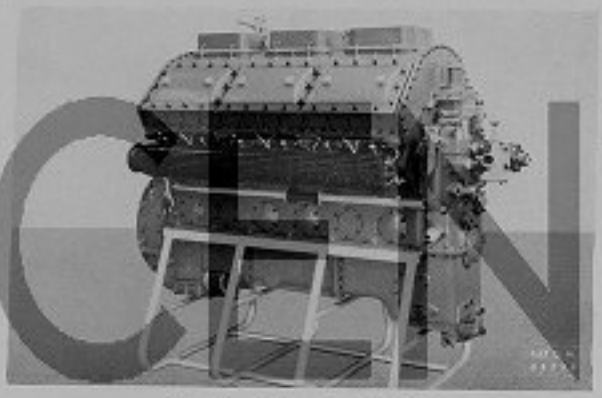


Fig. 7 - Motore tipo V 1612.

Fig. 8 - Automotrice a tre casse.

Anno 1936 - Motore V 1612 - 400 Cv a 1500 giri/min - 12 cilindri a V - Diametro: 160 mm - Corsa: 180 mm - Peso: 2,5 t

Nel precedente articolo di questo stesso Bollettino il lettore avrà trovato la completa descrizione della locomotiva ed i dati caratteristici del motore in essa sistemato. Desideriamo esporre qui di seguito alcuni elementi circa i criteri di impostazione del motore e su qualche particolare di costruzione.

Si è dovuto in primo luogo scegliere quale tipo di motore era più opportuno impiegare, avendo una certa possibilità di scelta nel nostro stesso campo di produzione fra motori cosidetti veloci (velocità attorno ai 1400 ÷ 1500 giri/min) e motori cosiddetti semilenti (velocità fra i 900 e 1000 giri/min).

Fig. 9 - Motore tipo V 2012 V.

Fig. 10 - Locomotiva delle Ferrovie Libiche.

Anno 1940 - Motore V 2012 V - 550 Cv a 950 giri/min - 12 cilindri a V - Diametro: 200 mm - Corsa: 270 mm - Peso: 8 t

In questi ultimi anni in tutte le amministrazioni ferroviarie di Europa si è notato un risveglio nei riguardi del motore Diesel. Tale risveglio si è avuto anche in Italia e

La scelta è caduta, d'accordo tra le F. S. e il costruttore, su motori di tipo semiveloce. E' stato infatti considerato che, al momento attuale, la quasi totalità delle locomotive

Diesel esistenti nel mondo, aventi potenze dell'ordine di grandezza di quella richiesta, sono azionate da motori a velocità comprese fra gli 850 e 1000 giri/min; in realtà a motori di questo tipo sono dovuti gli indiscussi successi e la fortuna del motore Diesel nella grande trazione ferroviaria.

I motori di questa categoria, per quanto di tipo avanzato rispetto alla massa dei motori impiegati in servizio marino e industriale, possono considerarsi adatti a soddisfare le condizioni di esercizio e di manutenzione richieste nella trazione ferroviaria.

E' stato inoltre considerato che gli stessi motori, per quanto destinati in un prossimo futuro ad un brillante avvenire, non avessero ancora tutta l'esperienza pratica necessaria e sufficiente per consentirne l'impiego in macchine da costruirsi in notevole serie e destinate fin dall'inizio non ad un servizio sperimentale, ma ad un servizio industriale.

Si è quindi scelto per questa applicazione un motore a 4 tempi sovralimentato, con 12 cilindri a « V », funzionante alla velocità di ca. 1000 giri/min. Da questo sono derivate le dimensioni dei cilindri, che sono di 230 mm per il diametro e 270 mm per la corsa.

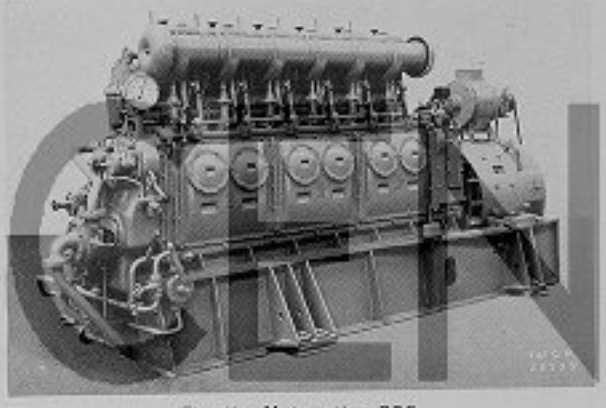


Fig. 11 - Motore tipo 226.

Fig. 12 - Locomotiva Diesel-elettrica di manovra.

Anno 1955 - Motore 226 - 300 Cv a 1000 giri/min - 6 cilindri in linea - Diametro: 220 mm - Corsa: 270 mm - Peso 5,6 t.

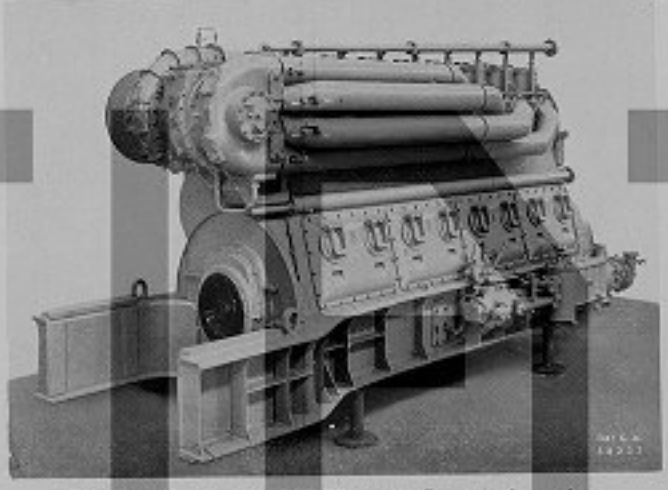


Fig. 13 - Motore tipo 288 ES per le Ferrovie Argentine.

Anno 1956 - Motore 288 ES - 1200 Cv a 750 giri/min - 8 cilindri in linea - Diametro: 280 mm - Corsa: 360 mm - Peso: 13,55

Inoltre i motori veloci, indubbiamente attraenti per il peso limitato, non erano disponibili all'atto del progetto di queste locomotive se non per potenze nettamente inferiori a quella richiesta. Questo avrebbe pertanto portato all'impiego di due gruppi elettrogeni di potenza unitaria minore, perdendo con questo praticamente i vantaggi ottenibili.

Caratteristiche generali del motore. — Il basamento e l'incastellatura, formanti l'ossatura del motore, sono costituiti da una struttura saldata (Fig. 14).

La costruzione a « V », imposta dal numero di cilindri occorrenti, ha il vantaggio di dare una macchina non eccessivamente lunga e di notevole rigidità. Tutti gli sforzi interni del motore, sia quelli dovuti al ciclo

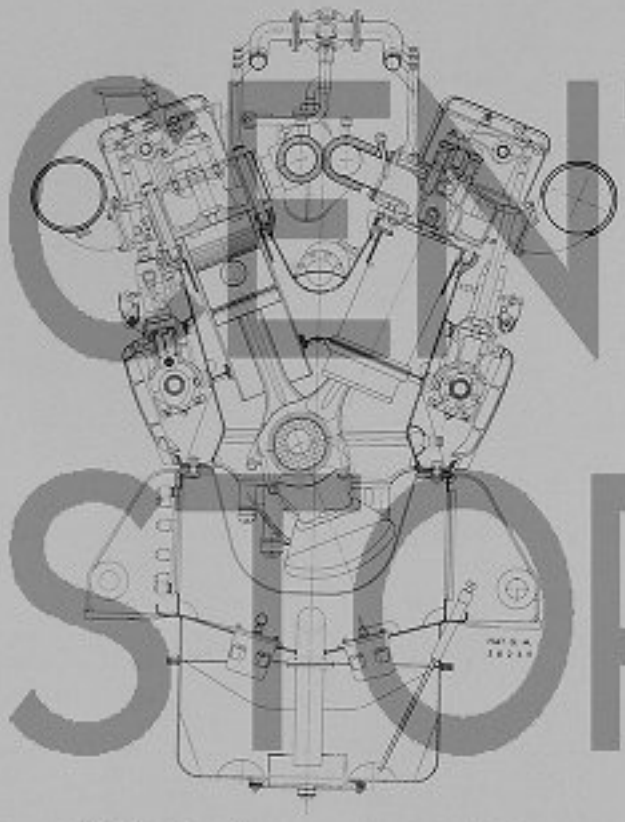


Fig. 14 - Sezione trasversale del motore 2312 SF.

termico che all'inerzia delle parti in moto, sono contenuti nella struttura della macchina, la quale può essere pertanto montata sulla locomotiva nel modo ritenuto più conveniente. In effetti, nell'applicazione attuale, il gruppo completo motore-generatrice è sostenuto, su quattro punti, da tasselli in materiale elastico (Fig. 15).

L'albero a manovelle è appeso all'incastellatura mediante robusti cappelli di acciaio, ciò che permette una certa riduzione del peso del motore ed assicura una razionale distribuzione degli sforzi interni (Figg. 16-17).

Le manovelle sono contrappesate singolarmente per annullare sul posto le forze rotanti e ridurre gli sforzi interni di bilanciamento a quanto è necessario per equilibrare le forze esterne. L'albero porta inoltre, dal lato opposto all'accoppiamento, uno smorzatore che ha lo scopo di ridurre a valori trascurabili le sollecitazioni torsionali in tutto il campo dei giri di funzionamento che si estende, in pratica, da 500 a 1000 giri/min.

I perni di banco e di manovella sono raccordati con

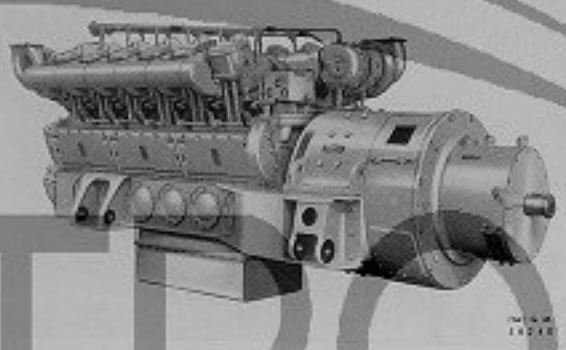


Fig. 15 - Il motore 2312 SF.

molta cura ai bracci di manovella e sono provvisti di fori che permettono il passaggio dell'olio di lubrificazione dai cuscinetti di banco a quelli di manovella. L'albero è di

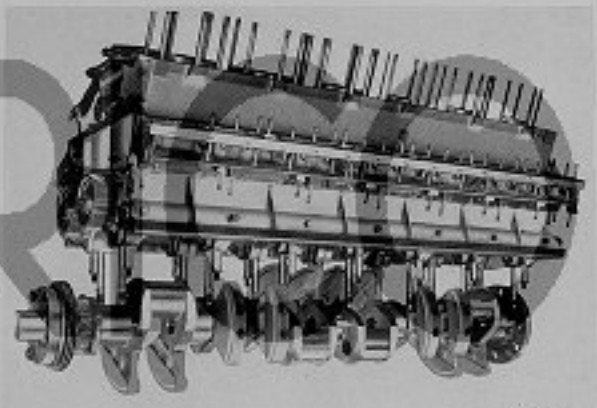


Fig. 16 - Incastellatura ed albero motore.

acciaio ad alta resistenza e la superficie dei perni è indurita mediante procedimento di induzione elettrica. Questo

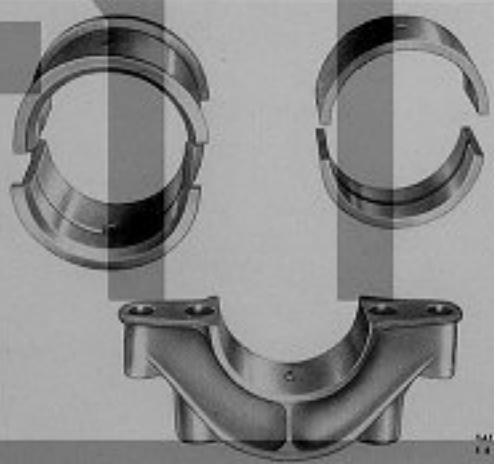


Fig. 17 - Cappello del cuscinetto di banco con guscio a rullo.

comporta l'impiego di ralle speciali trimetalliche, costituite da un guscio di acciaio, sul quale è riportato uno strato di una lega di rame e piombo, ricoperto a sua volta di una sottile pellicola (alcuni centesimi di mm) di materiale antifrizione di alta qualità.

Queste ralle si sono dimostrate particolarmente adatte a resistere alle elevate sollecitazioni dinamiche, ed essendo lavorate con un alto grado di precisione, risultano intercambiabili senza richiedere alcuna operazione di aggiustaggio.

Le bielle (Fig. 18) sono stampate, di acciaio ad alta resistenza e nella testa sono forzate ralle dello stesso tipo di quelle di banco; il cuscinetto di coda invece è costituito da una boccola di bronzo. Le bielle dei cilindri

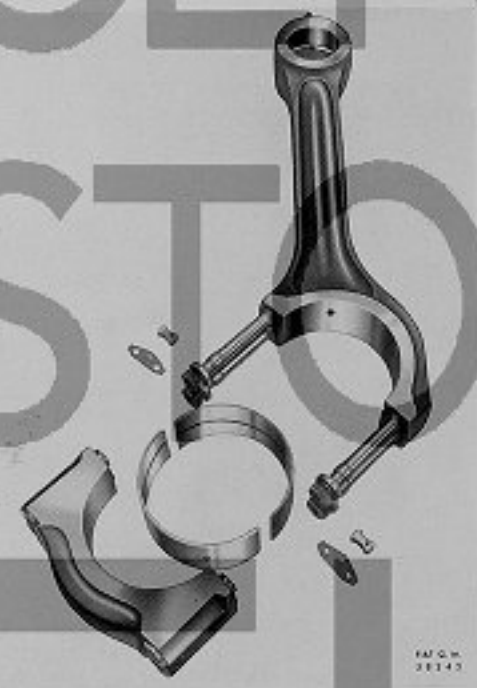


Fig. 18 - Biella con cuscinetto di testa e relativa ralla.

corrispondenti sulle due file sono montate affiancate sullo stesso perno di manovella (Fig. 19), essendo i cilindri di una fila spostati in senso longitudinale rispetto a quelli dell'altra. E' stata prescelta questa disposizione delle bielle in quanto consente la massima semplicità di costruzione, di montaggio e di manutenzione.

L'unione del cappello alla testa di biella è inclinata rispetto all'asse della biella stessa, in modo da poter dare il massimo diametro al perno di manovella, mantenendo la possibilità di sfilamento della biella attraverso il cilindro.

Gli stantuffi sono in lega di alluminio, raffreddati mediante circolazione d'olio in pressione derivato dal piede di biella. E' stata curata la variazione dello spessore nella testata e nel mantello dello stantuffo, allo scopo di facilitare il flusso del calore della parte alta verso il basso e mantenere così, ad una temperatura ammissibile, la zona

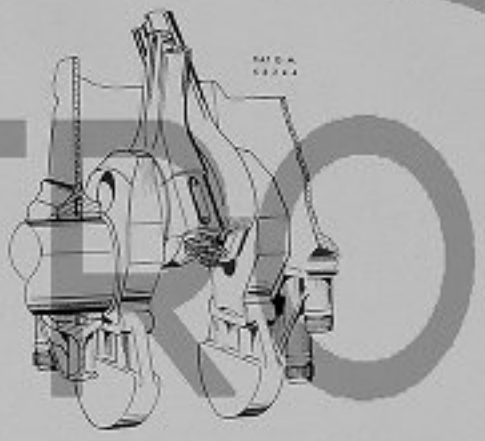


Fig. 19 - Schema del montaggio delle bielle sull'albero a gomiti.

delle fasce elastiche (Fig. 20). Il profilo esterno è sagomato a botte ed ovalizzato in modo da assicurare, durante il funzionamento, un buon contatto tra stantuffo e camicia.

Anche il profilo della camera di combustione, unitamente all'apparato di iniezione, è il risultato di numerose esperienze, appositamente eseguite allo scopo di trovare le condizioni più adatte per un buon mescolamento dell'aria

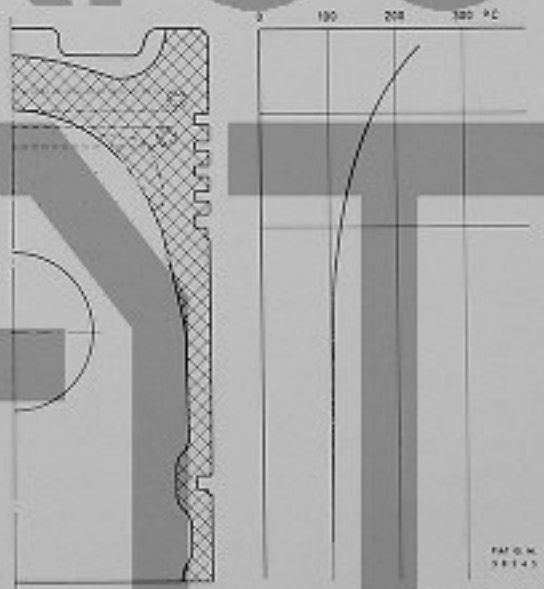


Fig. 20 - Diagramma delle temperature dello stantuffo lungo la generatrice.

e del combustibile, e di realizzare una combustione soddisfacente senza raggiungere pressioni eccessive all'interno dei cilindri (Fig. 21).

Gli stantuffi sono forniti di idonee fasce di tenuta e di fasce raschiaolio, le quali mantengono in limiti trascurabili il trascinamento dell'olio nella camera di combustione, malgrado il notevole sbattimento dovuto allo scarico dell'olio caldo che esce dallo stantuffo.

Le camicie, del tipo bagnato, sono di ghisa speciale, avente particolari caratteristiche di resistenza all'usura e di resistenza meccanica. Sulla parte superiore dell'incastellatura sono fissate, mediante colonnette le testate, di ghisa legata ad alta resistenza, costruite secondo un disegno già da lungo tempo felicemente impiegati su motori similari.

Le testate sono una per cilindro ed hanno due valvole di aspirazione e due di scarico, al centro della testata è montato il polverizzatore del combustibile (Fig. 22).

Fig. 21 - Stantuffo del motore 2312 SF.

La distribuzione è realizzata mediante due alberi a camme (uno per ogni fila di cilindri), composti, ciascuno, da diversi tronchi di acciaio cementato ad alta resistenza. Ogni albero comanda, in corrispondenza di ciascun cilindro, mediante punterie e bilancieri, le valvole di aspirazione e di scarico e, direttamente, la pompa del combustibile, situata in posizione facilmente accessibile per la regolazione e la manutenzione. Le pompe del combustibile sono del tipo a stantuffo con scanalatura elicoidale e la regolazione si ottiene mediante lo spostamento di una cremagliera trasversale, azionato da un asse di regolazione. Questo comando avviene attraverso un elemento elastico che permette di agire sulle altre pompe, anche quando una di esse, accidentalmente, rimanesse bloccata.

La sovralimentazione è ottenuta con il sistema turbina a gas di scarico-soffiante centrifuga che utilizza gli impulsi di pressione che si hanno all'inizio di ogni fase di scarico (Fig. 23). I gruppi di sovralimentazione sono due, di costruzione Brown Boveri, ognuno dei quali è alimentato, mediante due separati tubi, da due gruppi di 3 cilindri, collegati in modo che gli scarichi dei vari cilindri motori giungono alla turbina senza dare origine ad interferenza (Fig. 24).

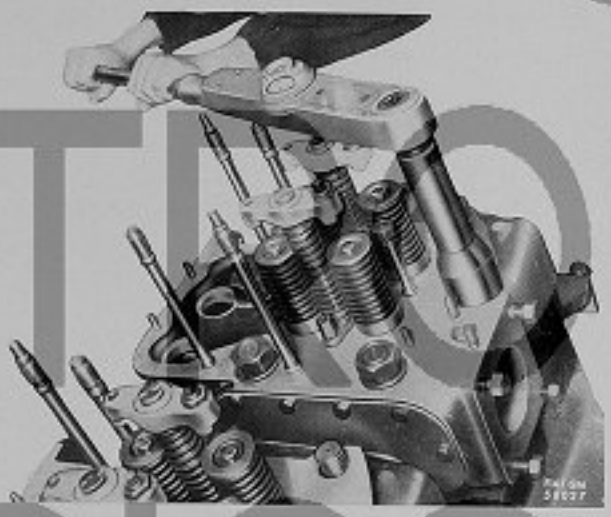
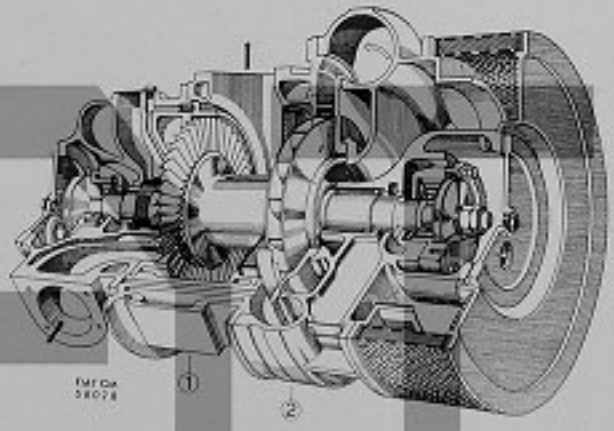


Fig. 22 - Testata cilindro del motore 2312 SF in fase di montaggio.

L'aria di alimentazione, aspirata attraverso filtri del tipo a secco, viene compressa fino alla pressione di 1,5 ca. ata (regime normale) dalle soffianti centrifughe, comandate dalle turbine, ed inviata ai collettori, dai quali, attraverso le valvole di aspirazione, penetra nei cilindri.



1 = Turbina ad azione ad uno stadio
2 - Compressore centrifugo

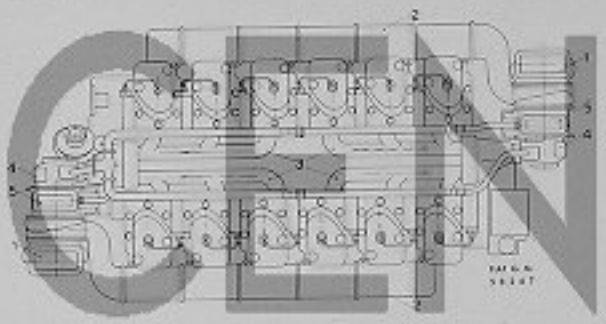
Fig. 23 - Sezione prospettica di una turbosoffiante a gas di scarico per sovralimentazione del motore Diesel 2312 SF.

La regolazione del motore è ottenuta mediante un regolatore elettroidraulico C. G. E. il quale, regola la velocità del Diesel ed il carico sulla generatrice principale.

Inoltre un secondo regolatore, del tipo meccanico a scatto, agisce quale regolatore di sicurezza, fermando il

motore quando la velocità supera il limite massimo prefissato. Il motore comanda la pompa per la circolazione dell'acqua di raffreddamento e quella per la circolazione dell'olio di lubrificazione.

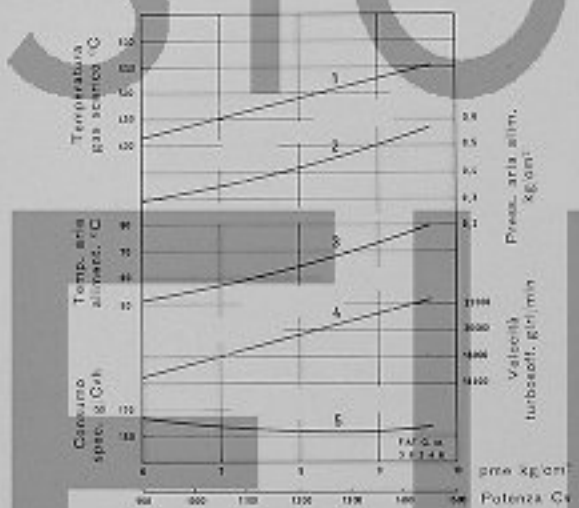
Il peso del motore completo degli accessori su di esso montati è risultato di kg 9350.



1 Prese aria compressore
2 Collettori aspiraz. cilindri
3 Collettori di scarico
4 Turbine a gas
5 Scarico gas della turbina

Fig. 24 - Vista in pianta del motore 2312 SF.

Prestazioni del motore. - I motori 2312 SF forniti alle F. S. per le locomotive da 1000 Cv ai cerchioni sono stati tarati per la prestazione di 110 Cv/cil. cioè per una potenza di 1320 Cv a 1000 giri/min. Durante le prove di omologazione, secondo le norme UIC, essi hanno facilmente sviluppato una potenza di sovraccarico di circa 125 Cv/cil, pari a ca. 1500 Cv.



1 Temp. gas scarico
2 Press. alim. aria
3 Temp. aria alim.
4 Velocità turbosoff.
5 Consumo specifico

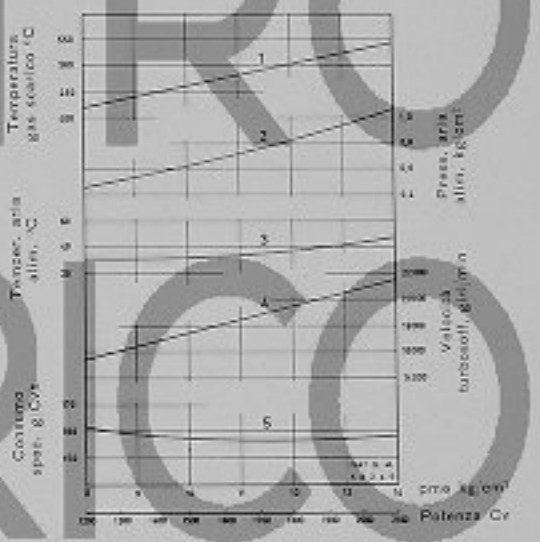
Fig. 25 - Risultati delle prove di omologazione UIC del motore 2312 SF.

I consumi di nafta ed olio, riferiti alla potenza nominale UIC, sono stati rispettivamente di 161 g/Cvh e 2,2 kg/h (Fig. 25).

Queste prestazioni sono state ottenute senza raffreddare l'aria di sovralimentazione.

Sostituendo i gruppi di sovralimentazione con altri aventi rapporto di compressione più elevato e raffreddando l'aria di sovralimentazione prima dell'introduzione nei cilindri è stato possibile ottenere notevoli maggiorazioni di potenza.

Nella Fig. 26 sono rappresentati i risultati di prove eseguite in queste nuove condizioni, durante le quali si è raggiunta la potenza massima di 2100 Cv, sempre alla velocità di 1000 giri/min, corrispondente ad una pressione media effettiva di 14 kg/cm².



1 Temp. gas scarico
2 Press. alim. aria
3 Temp. aria alim.
4 Velocità turbosoff.
5 Consumo specifico

Fig. 26 - Risultati delle prove di sovralimentazione ad alta pressione del motore 2312 SF con refrigerazione dell'aria.

Le prove in queste condizioni sono state condotte a lungo in officina onde ottenere una sufficente garanzia di buon comportamento meccanico. Questo ci ha fatto ritenere che il motore, in questa variante, possa essere proposto per impiego ferroviario, nelle condizioni richieste dalle norme UIC, per una potenza continua di 1700 Cv ed una potenza massima di 1870 Cv.

E' interessante segnalare che è già stato costruito un motore a 16 cilindri per il quale prevediamo una potenza UIC di ca. 2300 Cv.

Con queste potenze è possibile soddisfare praticamente la maggior parte delle esigenze delle locomotive Diesel, sia per quanto riguarda la potenza che il peso dell'apparato motore. E' interessante notare che detto peso, riferito alla potenza UIC, scende ad un valore prossimo a 6 kg/Cv, valore da considerarsi assai lavorevole per un motore di questa categoria.

Dr. Ing. SILVANO INNOCENTI - TORRINI.

CENTRO STORICO FIAT

Pubblicazione trimestrale - Direttore Responsabile: Dott. Ing. LUCIANO TRABUCCO
Registrato al Tribunale di Casale Monferrato in data 16 Marzo 1955 con il N. 49
Spedizione in abbonamento postale - Gruppo IV

Tip. BOTTO, ALESSIO & C. - Via Biblioteca, 2 - Tel. 21-25 - CASALE MONF. - NOVEMBRE 1958

Una delle locomotive Diesel-elettrica tipo D. 341 delle F. S. in regolare servizio sulla linea Taranto-Salerno dal Dicembre 1957.