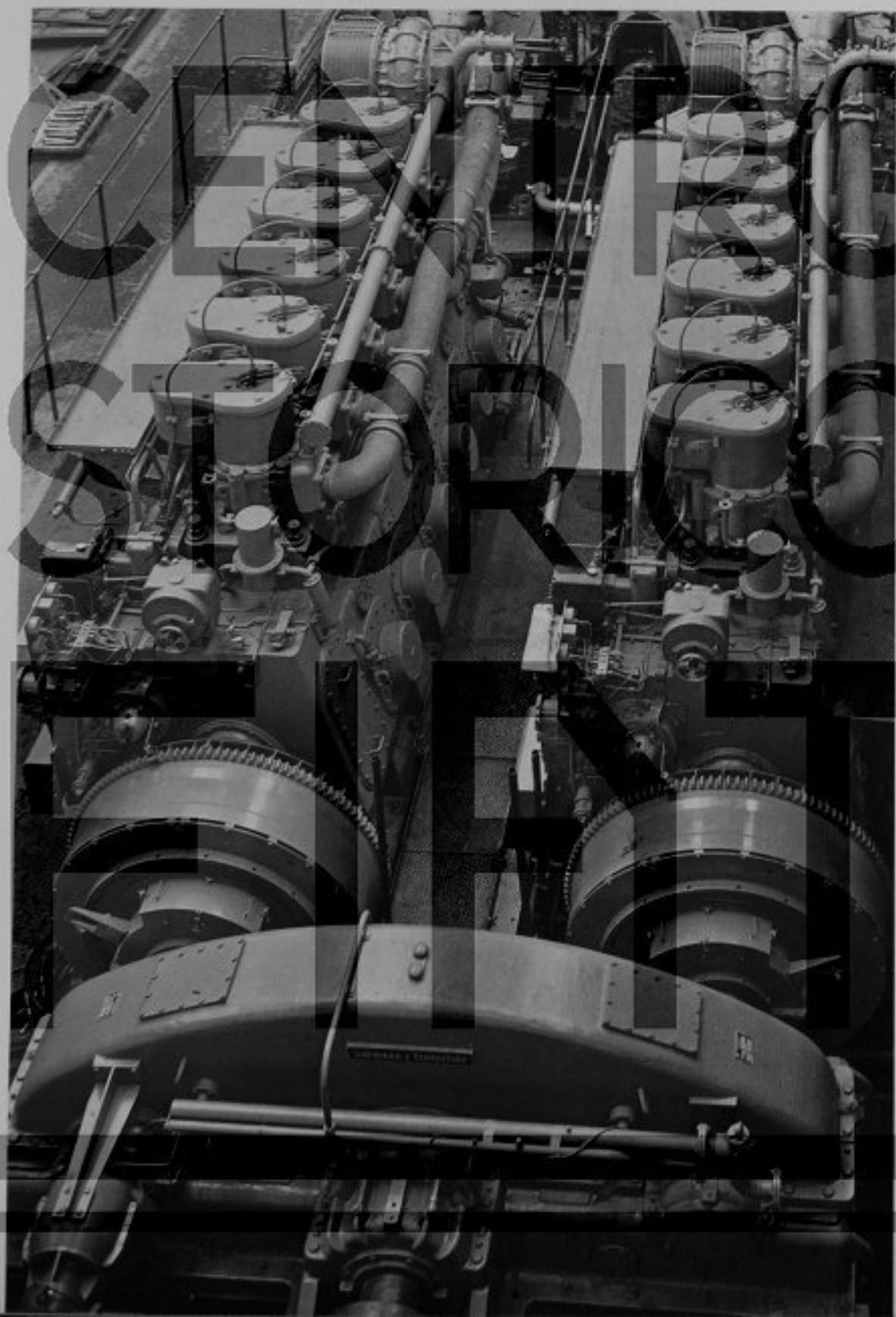


BOLLETTINO TECNICO
N. 4 1968 VOL. XXI
OTTOBRE - DICEMBRE
Spediz. in abbonamento postale - Gruppo IV

FIAT GRANDI
MOTORI



I motori FIAT a 4 tempi, a media velocità, tipo C 420

dott. ing. P. L. Scialoja Pag. 93

Nuovi impianti con turbine a gas FIAT entrati in servizio

dott. ing. R. Diracca Pag. 108



Le coperline: Gruppo costituito da due motori FIAT C 420 SS accoppiati a giunti elettromagnetici e riduttore.

Due di questi gruppi costituiscono l'apparato di propulsione per le nuove navi traghetto delle P. S., a 4 binari da 42 carri, per la Sicilia.

I motori FIAT a 4 tempi, a media velocità, tipo C 420

dott. ing. P. L. Scioldo

Generalità

In questi ultimi anni hanno avuto ed hanno una sempre maggiore diffusione, nell'impiego navale, i motori a 4 tempi funzionanti a media velocità, tra 350 e 500 giri/min, e con potenze unitarie elevate, fino a oltre 10.000 Cv.

Si tratta di motori con dimensioni di ingombro, particolarmente in altezza, e con pesi contenuti in limiti ristretti e molto adatti quindi per la propulsione di navi nelle quali, come ad esempio quelle traghetto e passeggeri, è prevista la massima utilizzazione dei ponti ed i locali di macchina risultano con altezza modesta in conseguenza della chiusura del ponte soprastante.

Data la notevole potenza unitaria che si può ottenere con macchine di questo tipo ad elevato numero di cilindri, apparati plurimotori costituiti con questi motori possono raggiungere potenze dell'ordine fino a oltre 40.000 Cv. sull'elica.

Si possono così facilmente costituire, per le navi passeggeri e per i traghetti, apparati propulsivi racchiusi in locali di volume relativamente modesto e con potenze tali da ottenere le elevate velocità di navigazione che si richiedono oggi per tale tipo di naviglio.

Apparati plurimotori con motori a 4T a media velocità vengono proposti anche per la propulsione delle grandissime navi cisterna, con oltre 200.000 t di stazza, per le quali si richiede generalmente oggi un apparato con potenza compresa tra 30 e 40.000 Cv (fig. 1).

Giova a questo riguardo ricordare che gli sforzi dei costruttori di motori di questo tipo sono stati rivolti molto anche nel senso di poter offrire macchine che potessero funzionare con combustibili scadenti e rappresentare così una alternativa, nel campo degli apparati di propulsione con motori alternativi, al tradizionale apparato costituito da un unico motore di grandi dimensioni funzionante a basso numero di giri.

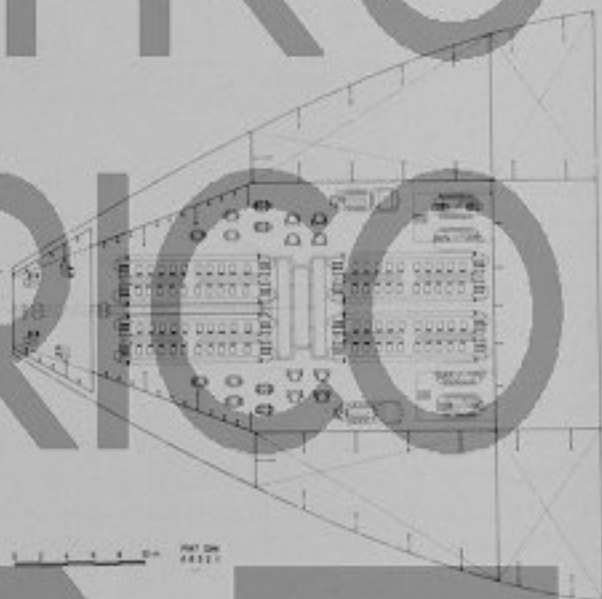


Fig. 1 - Apparato di propulsione da 40.000 Cv con 4 motori FIAT tipo C 4220 SS (4 tempi con 20 cilindri $\varnothing$ 420 mm, corsa 500 mm)

Caratteristiche principali

I motori FIAT della serie C420, a 4T, hanno cilindri con il diametro di 420 mm e la corsa dello stantuffo di 500 mm.

Vengono costruiti nella versione con i cilindri in linea, da 6 a 10 cilindri, e con i cilindri disposti a «V», da 12 a 20 cilindri, con le caratteristiche di ingombro riportate nella tabella della fig. 2.

Essi sono stati proporzionati per prestazioni corrispondenti a pressioni medie effettive dell'ordine di 18 kg/cm², vengono però venduti, prudenzialmente, per pressioni medie effettive dell'ordine di 14 kg/cm² e per una velocità normale di funzionamento di 450 giri/min.

MOTORI C 420 SS - INGOMBRI

N. cilindri	A mm	B mm	G mm	H mm	C mm	D mm	E mm	F minimo mm
6	6465		1125	955			2895	
7	7220		1165	1030			3255	
8	7960	1740	1165	1130	470	1085	3000	3400
9	8650		1165	1030			3255	
10	9900		1175	955			2945	
12	7180						2630	
14	8230						3075	
16	9010	1850	2000	2000	780	1190	3075	3320
18	10205						3075	
20	10735						2950	

Fig. 2 - Caratteristiche d'ingombro dei motori FIAT C 420 SS

Tenuto conto dei numeri di cilindri con i quali vengono allestiti, da 6 a 20, e del fatto che sono previste, di produzione normale, le versioni aspirata, sovralimentata e sovralimentata con interrefrigerazione dell'aria, il campo di potenza coperto da questi motori varia da poco più di 1000 Cv a circa 10.000 Cv, per singola unità.

Il nuovo motore FIAT C 420 è derivato da uno analogo, avente la corsa di 580 mm, del quale molti esemplari sono stati costruiti in passato ed impiegati prevalentemente per la produzione di energia elettrica in centrali a terra (figg. 3 e 4).

Il nuovo motore, che si differenzia di poco, come caratteristiche geometriche, dalla versione precedente, utilizza in larga misura l'esperienza acquisita con la stessa e conserva di essa alcune particolarità costruttive ancora valide.

Si tratta di una macchina semplice, compatta, molto solida e molto largamente proporzionata, quale si richiede per l'impiego nel campo navale mercantile.

Da queste caratteristiche derivano: lunga durata, sicurezza e semplicità di esercizio, basse spese di manutenzione, facilità di controllo e di ispezione.

Prima di passare ad esaminare, in dettaglio, le caratteristiche costruttive del motore, desideriamo accennare all'importante problema dell'impiego del combustibile pesante, al quale è stata data primaria importanza in sede di progettazione.

E dobbiamo qui ricordare che al problema dell'impiego dei combustibili pesanti la FIAT-Grandi Motori si è dedicata fin dall'ormai lontano 1925, limitandolo

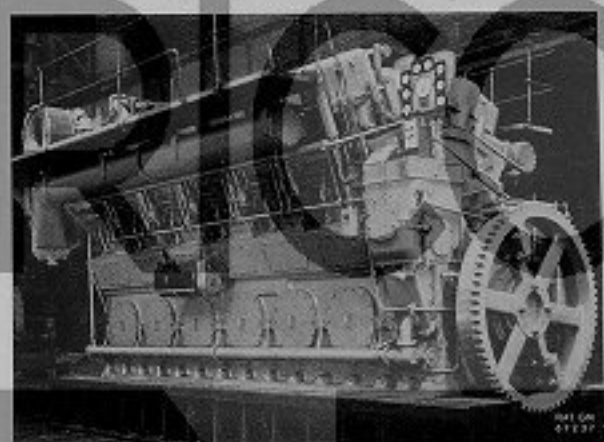


Fig. 3 - Motore FIAT 4212 SS (12 cilindri, diametro 420 mm, corsa 580 mm, 5400 Cv a 375 giri/min)

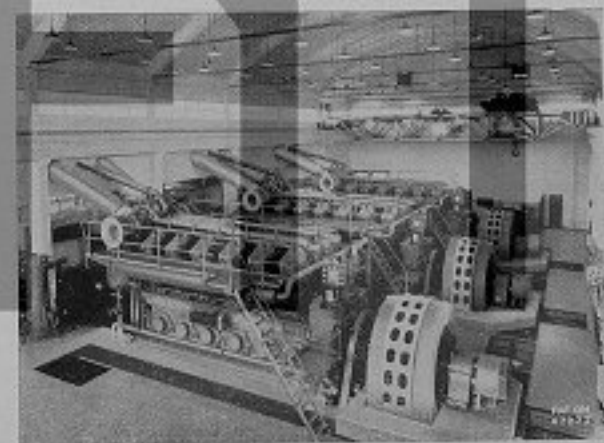


Fig. 4 - Centrale Diesel elettrica di Neuquén (Repubblica Argentina) comprendente 3 gruppi diesel-generatori da 3000 kW con motori a 12 cilindri FIAT tipo 4212 ESS funzionanti a gas col sistema dual-fuel



Fig. 5 - Centrale Diesel-elettrica dell'ENEL a Trapani con 6 gruppi da 2000 kW azionati da motori FIAT tipo B 3016 SS (16 cilindri, diametro 300 mm, corsa 450 mm, 500 giri/min)

allora ai motori a 2T ed estendendolo, ormai da molti anni, anche ai motori a 4T.

Alla risoluzione di questo problema, e cioè alla scelta, per il motore, delle soluzioni costruttive più idonee e alla realizzazione dell'impianto secondo schemi e con ausiliari appropriati, hanno contribuito non solo le lunghe serie di prove eseguite sul banco di Sala Prove su svariati tipi di motori a 4T ma anche, anzi soprattutto, l'esercizio pratico in servizio continuativo di gruppi sotto costante controllo.

Citiamo, tra i tanti esempi, la centrale diesel-elettrica dell'ENEL a Trapani (fig. 5) comprendente 6 gruppi da 2000 kW a 500 giri/min costituiti con motori FIAT tipo B3016ESS aventi 16 cilindri con diametro di 300 mm e con corsa dello stantuffo di 450 mm.

Questi motori sin dall'origine (la centrale è entrata in servizio nel 1963) hanno impiegato normalmente un combustibile pesante corrispondente al Medium Marine Fuel Oil (n° 5 ASTM) e sono stati sotto continua e costante sorveglianza di personale della FIAT che ha curato la manutenzione dei motori.

Particolarità costruttive

Struttura fissa

La struttura generale fissa del motore (figg. 6 e 7), comprendente il basamento ed il blocco-cilindri, è costruita in fusione di ghisa, sia per i motori con i cilindri in linea che per quelli con i cilindri a « V ».

Questo tipo di costruzione è stato scelto non soltanto in relazione al fatto che la FIAT-Grandi Motori ha una fonderia particolarmente attrezzata e qualificata per l'esecuzione di grandi getti, ma anche per motivi di indole tecnologica ed economica.

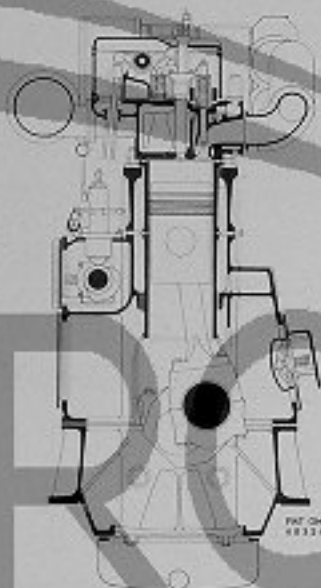


Fig. 6 - Sezione trasversale del motore C 420 SS con cilindri in linea

Occorre tenere presente, al riguardo, la possibilità esistente di eseguire getti di grandi dimensioni, come quelli in questione, con ghise ad elevata resistenza e mantenendo per gli spessori, ove ritenuto possibile e conveniente, dei valori relativamente modesti.

Ne consegue che, a parità di robustezza, il peso complessivo dei pezzi non è molto discosto da quello che si avrebbe con una esecuzione in acciaio saldato.

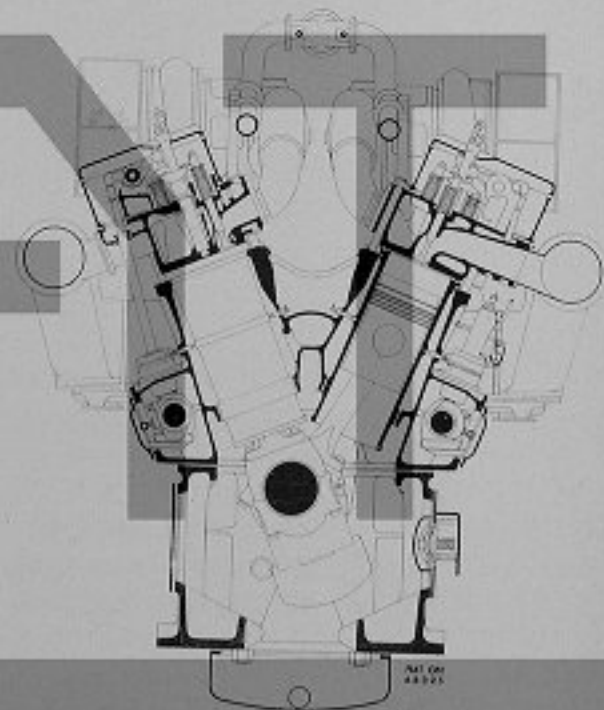


Fig. 7 - Sezione trasversale del motore C 420 SS con cilindri a V

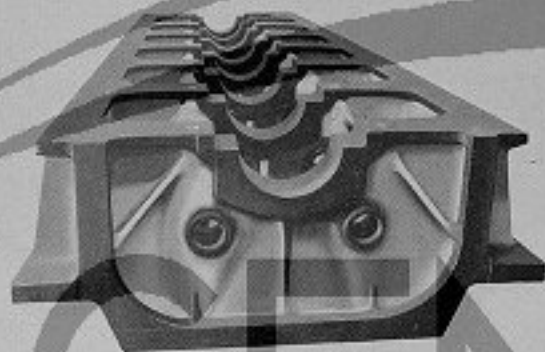


Fig. 8 - Basamento del motore C 420 SS a 6 cilindri

Nel disegno di questi particolari di fusione si sono naturalmente utilizzate le possibilità derivanti da un tal genere di costruzione agli effetti della realizzazione di forme particolari, incorporando, ad esempio, nella fusione passaggi d'acqua o altri elementi che, in una costruzione saldata, dovendo essere riportati, avrebbero comportato maggiori complicazioni costruttive.

Tenendo conto delle alte prestazioni per le quali il motore è stato proporzionato e seguendo una pratica corrente nella costruzione dei motori di grandi dimen-

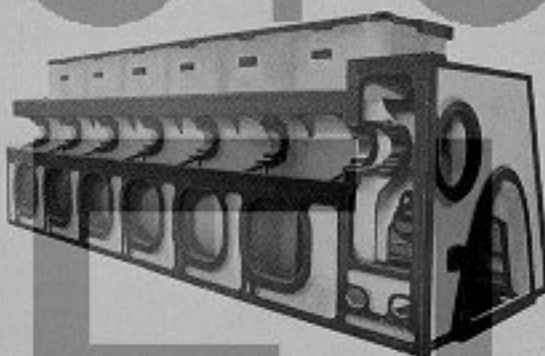


Fig. 9 - Incastellatura del motore C 420 SS a 6 cilindri

sioni, il basamento ed il blocco cilindri sono uniti fra di loro e mantenuti in compressione mediante tiranti di acciaio.

Sia il basamento che il blocco cilindri (figg. 8 e 9) sono una fusione in un solo pezzo per i motori con i cilindri in linea fino a 7 cilindri compresi e per quelli a « V » fino a 14 cilindri compresi; sono viceversa in due pezzi per i motori con un maggior numero di cilindri.

Il basamento, come si può notare dalle figg. 6 e 7, è del tipo tradizionale: sui fianchi esterni porta, incorporati, i sopporti per l'appoggio e l'ancoraggio alle

strutture di fondazione; nell'interno è diviso da traverse, che delimitano in senso longitudinale le camere nelle quali girano le manovelle, e sulle quali sono ricavate le sedi per i cuscinetti di banco sui quali appoggia l'albero a gomiti.

La parte inferiore del basamento è chiusa mediante una coppa, di tipo riportato e imbullonata al basamento, costruita in lamiera saldata.

Si è preferita la costruzione riportata, anziché incorporata nella fusione, per poter adottare coppe di tipo

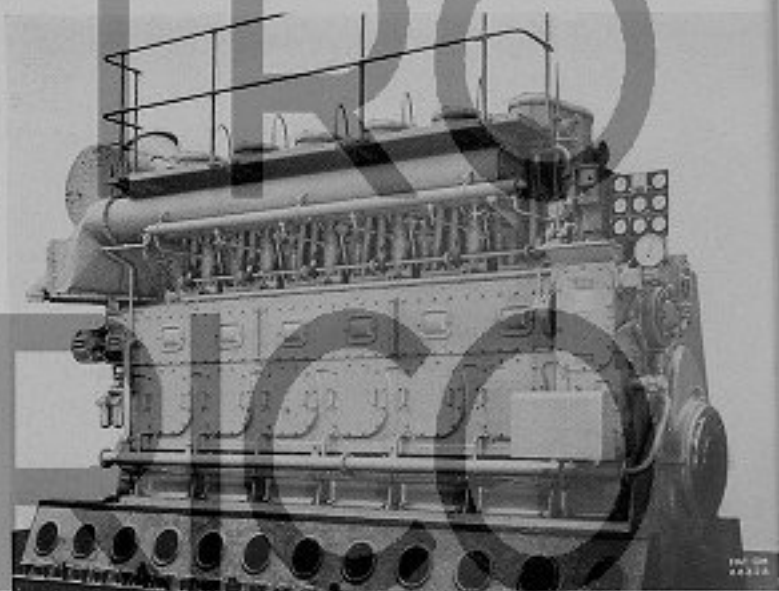


Fig. 10 - Motore FIAT C 420 SS a 6 cilindri

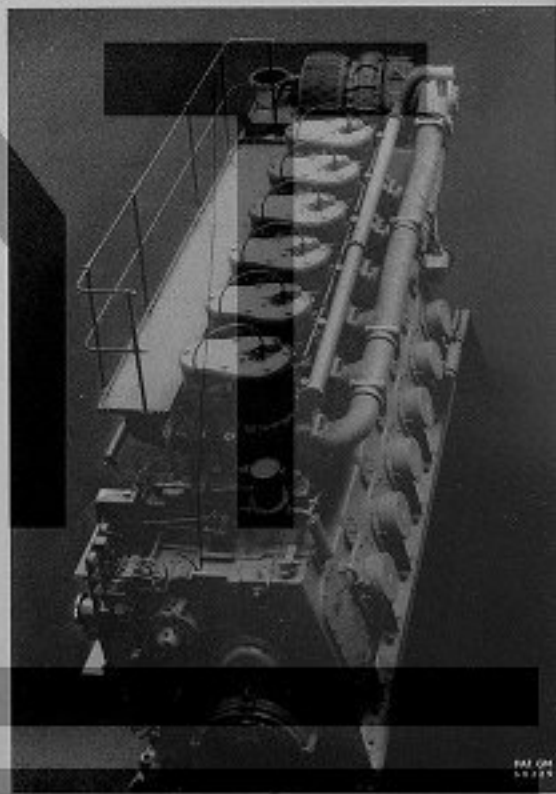


Fig. 11 - Motore FIAT C 420 SS a 6 cilindri visto sul piano testate

diverso, come forma e dimensioni, in relazione all'impiego al quale viene destinato il motore ed all'impianto che viene realizzato per la circolazione dell'olio, esternamente al motore.

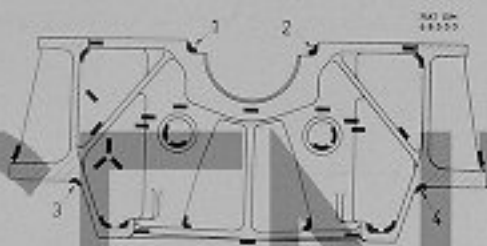


Fig. 12 - Posizione dei principali estensimetri per rilievo sollecitazioni sul basamento

Il blocco cilindri porta direttamente incorporate nella fusione sia le sedi dei cuscinetti dell'albero della distribuzione, le quali, nel caso dei motori con i cilindri a « V », sono sulle fiancate esterne, sia la scatola nella quale vengono montati i ruotismi che, mossi dall'albero motore, comandano gli alberi della distribuzione.

Sui fianchi del blocco cilindri sono sistemati ampi sportelli attraverso i quali è agevole eseguire l'ispezione ed eventuali lavori di manutenzione sia all'al-

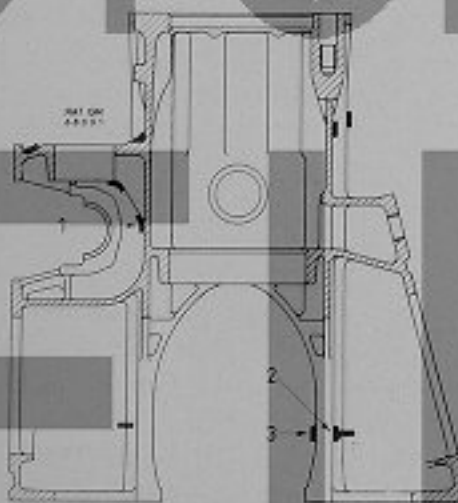


Fig. 13 - Posizione dei principali estensimetri per rilievo sollecitazioni sul blocco cilindri

bero della distribuzione, sia ai cuscinetti di banco e a quelli di testa biella.

Dal punto di vista della lavorazione, in sede di progetto, il basamento ed il blocco cilindri sono stati previsti in modo da semplificare e ridurre le operazioni ed i piazzamenti e conseguentemente la maggior parte degli elementi riportati è raggruppata su superfici disposte su medesimi piani in numero ridotto.

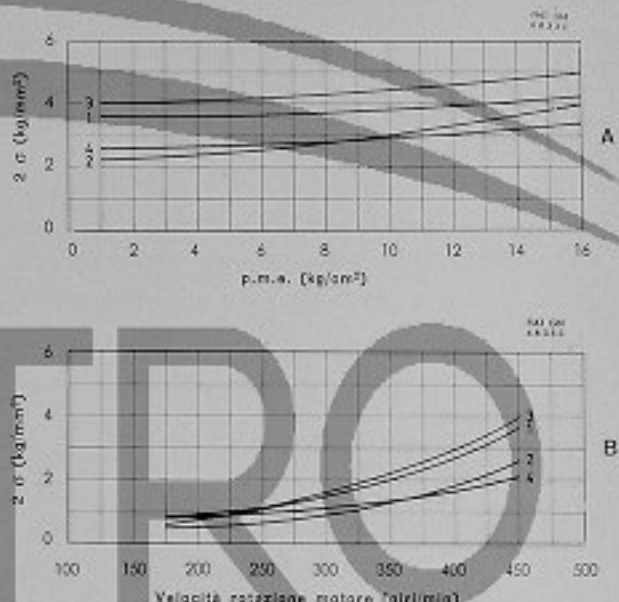


Fig. 14 - Andamento delle sollecitazioni (σ) nei punti più sollecitati del basamento (1-2-3-4 di fig. 12)

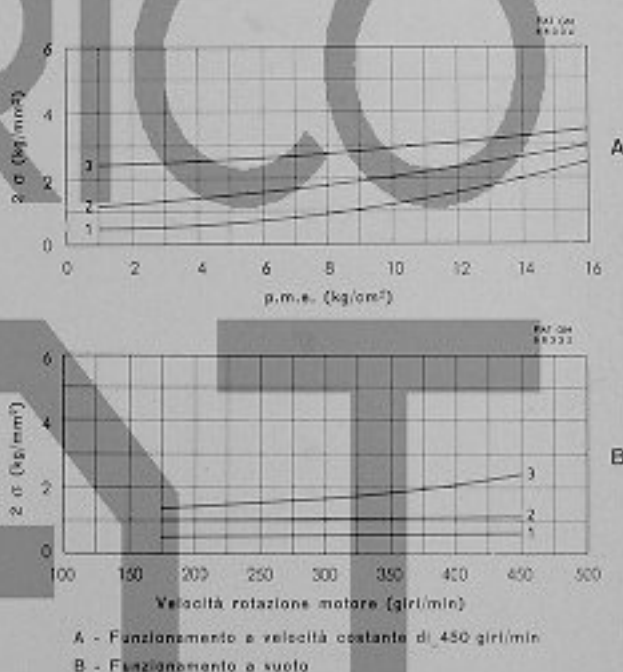


Fig. 15 - Andamento delle sollecitazioni (σ) nei punti più sollecitati del blocco cilindri (1-2-3 di fig. 13)

Il primo motore sperimentale della serie, impiegato per le prove di messa a punto in Sala Prove, si trattava di un motore con 6 cilindri (figg. 10 e 11), è stato sottoposto, come consuetudine per tutti i motori prototipi, a rilievi di sollecitazioni sul basamento, sul blocco cilindri, sulle colonne di unione del basamento al blocco cilindri e sulle colonnette di fissaggio dei cappelli di banco.

Sono state rilevate, mediante estensimetri, le sollecitazioni al variare dei giri di funzionamento e della pressione media effettiva in 54 punti del basamento e in 11 del blocco cilindri (figg. 12 e 13).

I valori delle sollecitazioni, anche nei punti maggiormente sollecitati, sono modesti e rientrano ampiamente nei limiti normalmente ammessi per tali particolari e per il materiale con cui sono costruiti (figg. 14 e 15).

Testate cilindro

Sono singole e cioè una per cilindro, costruite in ghisa ad alta resistenza, e comprendono due valvole di aspirazione e due di scarico (fig. 16).

La forma e le dimensioni dei condotti per l'ammissione dell'aria al cilindro e per lo scarico dei gas combusti sono state oggetto di indagini particolari.

Ricordiamo in proposito che, su precedenti numeri di questo Bollettino Tecnico, abbiamo accennato agli esperimenti eseguiti ed alle attrezzature impiegate, negli appositi Laboratori di Gasdinamica della FIAT, sul comportamento delle vene fluide nei condotti delle testate cilindro dei motori a 4T in modo da realizzare soluzioni che dessero luogo a basse perdite di carico e ad un andamento delle vene fluide, nell'introduzione dell'aria nei cilindri, tale da ottenere la migliore distribuzione ed efficienza agli effetti della combustione.

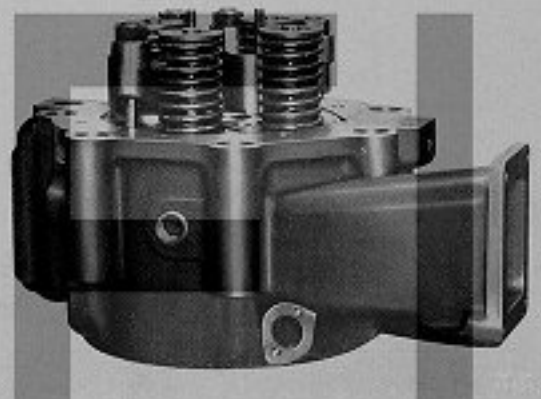


Fig. 16 - Testata cilindro

Le valvole di scarico (fig. 17) sono alloggiate in apposite gabbie di costruzione composita di acciaio, riportate sulla testata e facilmente smontabili ed estraibili dalla stessa nel caso di ispezione o di sostituzione delle valvole.

Si è adottato questo tipo di costruzione, già sperimentato sul precedente motore simile con lo stesso

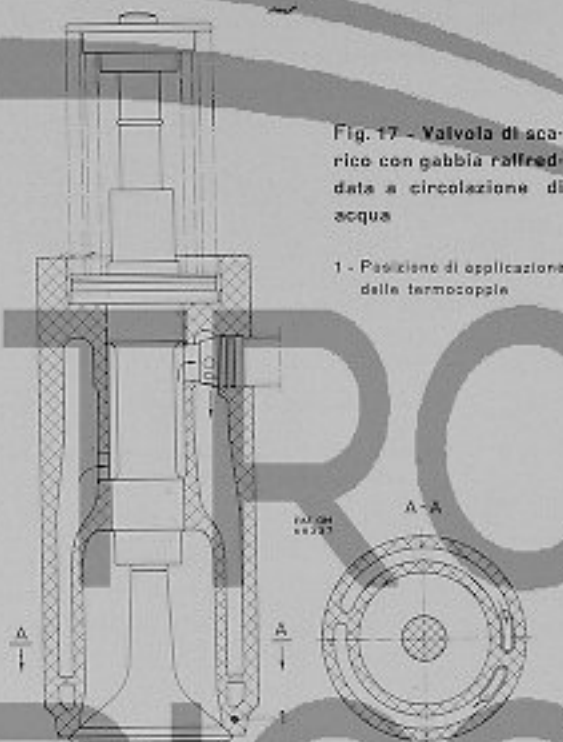


Fig. 17 - Valvola di scarico con gabbia raffreddata a circolazione di acqua

1 - Posizione di applicazione delle termocoppie

diametro di cilindro e con corsa di 580 mm, tenendo in evidenza l'importante problema dell'impiego, per questi tipi di motori, di combustibili scadenti.

Le gabbie che portano le valvole di scarico sono progettate in modo da realizzare, all'interno, una circolazione dell'acqua di raffreddamento obbligata in prossimità della superficie di contatto con la valvola ed ostacolare così la formazione di depositi e conseguenti trafiletti di gas con danneggiamenti della sede. Rilevi di temperatura a potenza normale, effettuati mediante termocoppia immediatamente al disopra del seggio delle valvole, presentano valori intorno ai 190 °C confermando l'efficacia del raffreddamento. L'acqua in uscita dalle gabbie provvede anche ad un adeguato raffreddamento delle guide valvola.

Le superfici di contatto tra le valvole e le sedi delle valvole, sia di aspirazione che di scarico, sono indurite mediante un riporto di stellite.

Le valvole di scarico sono dotate di un dispositivo che le fa rotare attorno al proprio asse durante il funzionamento.

Questo dispositivo, già provato su altri tipi di motori FIAT a 4T, contribuisce ad una buona conservazione delle superfici di contatto fra valvola e sede della valvola e risulta pertanto anch'esso vantaggioso nel caso di impiego di combustibili scadenti.

La circolazione dell'acqua nell'interno della testata è stata stabilita in modo da risultare più attiva in

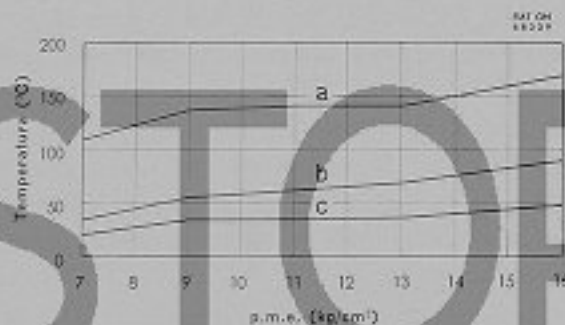
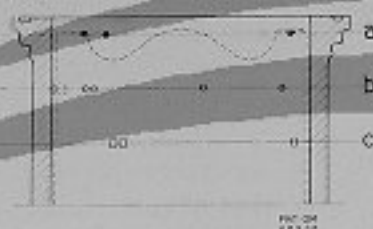


Fig. 18 - Punti di rilievo e andamento delle temperature sulla camicia cilindro in funzione della p.m.e. a velocità costante di 450 giri/min

quelle zone dove maggiormente è importante la sottrazione del calore e contemporaneamente avendo presente di non creare, tra zona e zona, squilibri di temperatura cosa che potrebbe portare inconvenienti, come ad esempio una difficile tenuta tra la testata e la camicia cilindro.

Camicia cilindro

La camicia cilindro è costruita con la ghisa che, da tempo, viene impiegata sui motori FIAT a 4T di questa categoria che assomma caratteristiche di elevata resistenza meccanica e bassa usura.

La forma, in armonia con quella del cilindro nel quale la camicia è montata, sostenuta dall'alto e liberamente dilatabile verso il basso, e le dimensioni, particolarmente gli spessori, sono stati stabiliti in modo da ottenere un pezzo di sicuro comportamento alle sollecitazioni combinate di carattere meccanico e termico e un efficace raffreddamento soprattutto della parte alta più vicina alla camera di combustione (fig. 18).

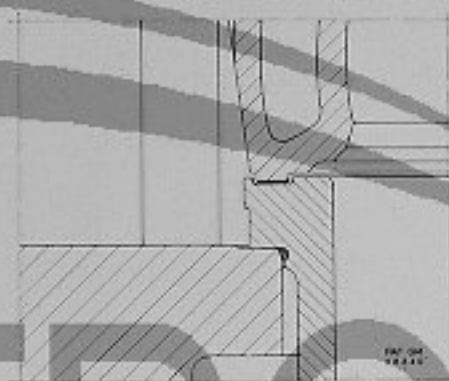


Fig. 19 - Schema accoppiamento testata, camicia, cilindro

La flangia della camicia è serrata tra la superficie superiore del cilindro e la testata cilindro (fig. 19) in modo da risultare sottoposta a sforzi di sola compressione e non di flessione in quanto il carico che ci esercita sulla stessa, con il serraggio delle colonnette di bloccaggio della testata, risulta centrato rispetto al battente del cilindro sul quale appoggia la flangia.

La superficie interna della camicia, sulla quale scorre lo stantuffo, in base all'esperienza acquisita dagli studi e dalle indagini sul comportamento di questo particolare eseguiti su altri tipi di motori simili, viene lavorata in modo tale da realizzare le condizioni idonee ad una adeguata lubrificazione e da comportare il dovuto adattamento fra le superfici coniugate dello stantuffo, delle fasce e della camicia.

La lubrificazione della camicia è ottenuta, oltre che con lo sbattimento dell'olio da parte degli organi del manovellismo in movimento, con la mandata supplementare di olio mediante apposite pompe, a mandata dosata, comandate direttamente dal motore.

Albero a manovelle

È fucinato in un solo pezzo per tutti gli allestimenti dei motori con cilindri da 6 sino a 20 compresi.

Le dimensioni delle manovelle ed i diametri dei perni, questi ultimi un po' maggiori per i motori con i cilindri disposti a « V » (340 mm contro 310 mm) rientrano abbondantemente nelle dimensioni dei Registri di Classifica.

La forma delle manovelle è stata studiata in modo da consentire un adeguato sviluppo longitudinale dei perni, e quindi di avere cuscinetti di larga superficie, e contemporaneamente contenere le dimensioni in lunghezza dell'albero e quindi del motore entro limiti modesti.

Calettamenti e contrappesature sono stati esaminati, come di consueto, considerando globalmente la serie

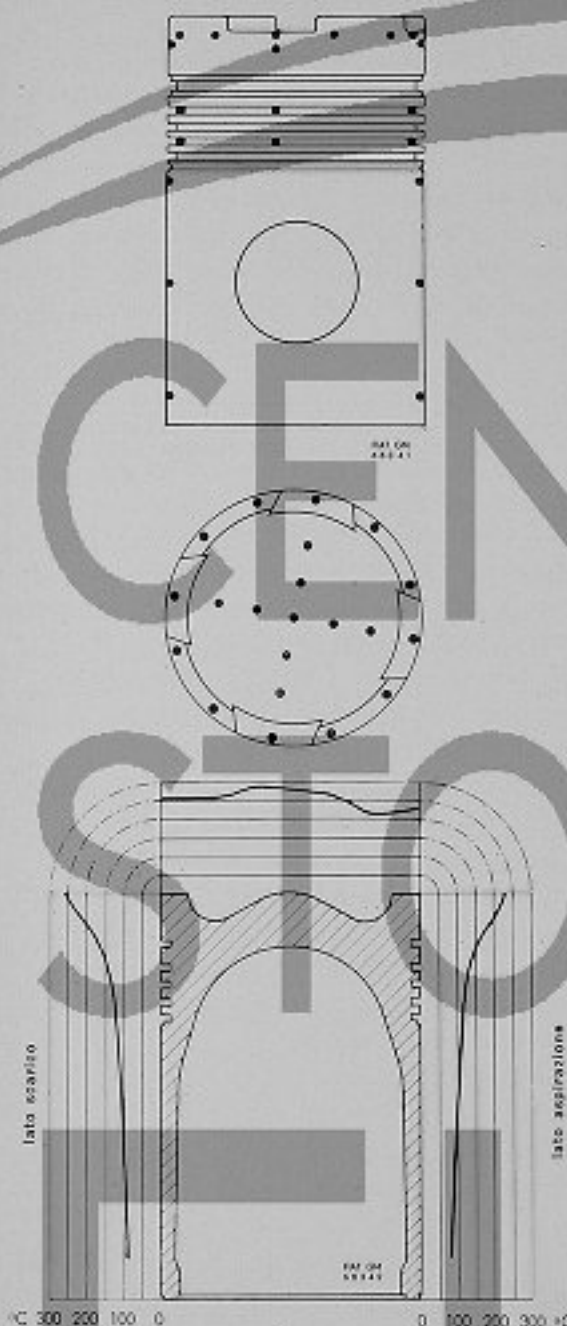


Fig. 20 - Punti di rilievo e andamento delle temperature sullo stantuffo con funzionamento a 13 kg/cm² di p.m.e. a 450 giri/min

completa dei motori, con tutti i numeri di cilindri, esplorando una vasta gamma di variabilità dei parametri che li influenzano in modo da ricercare soluzioni funzionalmente corrette e costruttivamente semplici.

Manovellismo

Gli stantuffi sono in lega leggera e sono raffreddati mediante la circolazione di olio in una serpentina incorporata nella fusione e sistemata nella parte alta, dove necessita maggiormente sottrarre calore.

La temperatura dello stantuffo, ai carichi elevati, si mantiene su valori moderati, come risulta dai rilievi effettuati in numerosi punti (fig. 20), con un buon margine di sicurezza rispetto ai valori che normalmente vengono accettati per questo importante organo.

La sede, sullo stantuffo, della fascia elastica superiore è realizzata in ghisa incorporata nella fusione dello stantuffo. La forma del cielo dello stantuffo, nella parte superiore, che costituisce insieme con la testata cilindro la camera di combustione, è ad ω e corrisponde, come pure la superficie esterna a contatto con la camicia, al tipo messo a punto sui motori con lo stesso diametro di cilindro costruiti precedentemente. Alcune varianti sono state viceversa adottate per conferire al pezzo una maggiore robustezza in vista delle più elevate prestazioni sviluppate dal nuovo tipo di motore.

La biella è a sezione circolare cava e, come risulta evidente dalle figg. 6 e 7, è notevolmente rigida.

La superficie esterna del fusto è completamente lavorata di macchina; particolare attenzione è stata posta alla realizzazione, in sede di progetto, del raccordo esistente tra la parte cilindrica del fusto e la flangia di estremità con la quale esso si collega al cuscinetto della testa.

La biella è divisa in corrispondenza della testa in modo che il fusto risulta estraibile dall'alto attraverso la camicia.

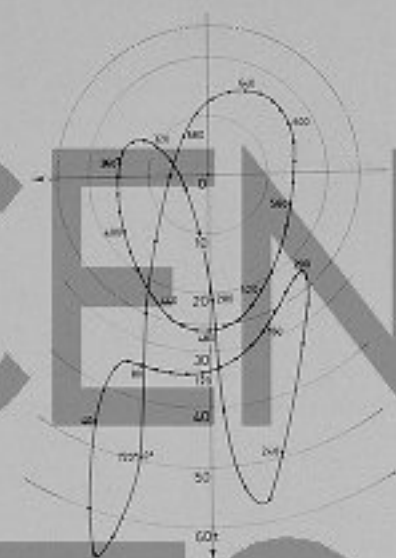
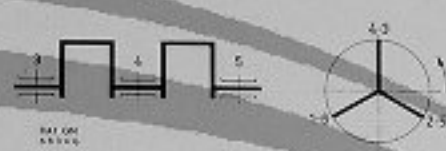
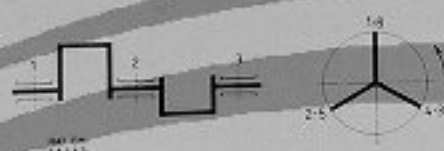
Per i motori con i cilindri disposti a « V » le bielle dei cilindri corrispondenti sulle due file dei cilindri, seguendo la pratica abitualmente adottata dalla FIAT per i motori di questa categoria, sono eguali ed affiancate sullo stesso perno di manovella; le superfici portanti dei cuscinetti sono eguali a quelle dei motori con i cilindri disposti in linea.

I cuscinetti del manovellismo sono stati sottoposti, in fase di progetto, alle consuete indagini di calcolo.

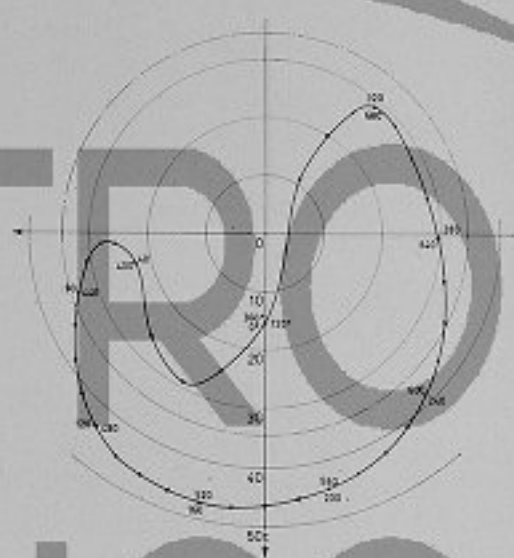
A titolo esemplificativo, nella fig. 21 sono riportati i diagrammi dei carichi sui cuscinetti di banco n° 2 e n° 4 del motore a 6 cilindri e cioè dei cuscinetti compresi rispettivamente tra i cilindri primo e secondo e tra il terzo e il quarto, e quelli sui cuscinetti n° 3 e n° 4 del motore con 12 cilindri a « V » ossia tra la seconda e la terza coppia di cilindri e tra la terza e la quarta.

Nella fig. 22 sono invece riportati i carichi sui cuscinetti della testa di biella.

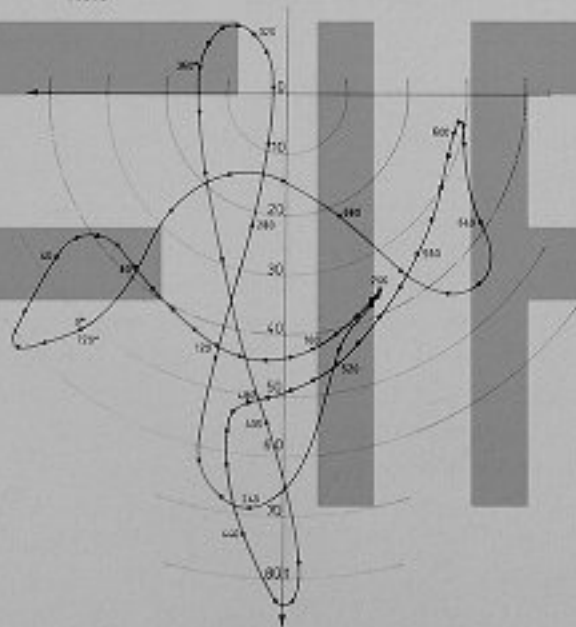
I diagrammi rappresentano, in coordinate polari, l'intensità e la direzione dei carichi dovuti alle forze d'inerzia ed alla pressione dei gas.



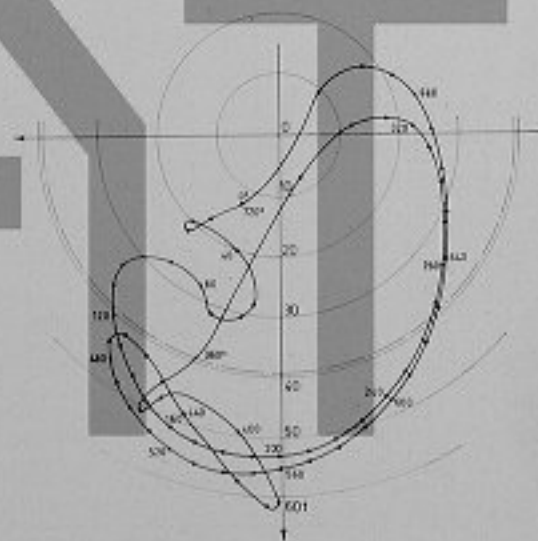
Motore a 6 cilindri - Cuscinetto di banco N° 2



Motore a 6 cilindri - Cuscinetto di banco N° 4



Motore a 12 cilindri - Cuscinetto di banco N° 3



Motore a 12 cilindri - Cuscinetto di banco N° 4

Fig. 21 - Esempi di diagrammi di carico sui cuscinetti di banco

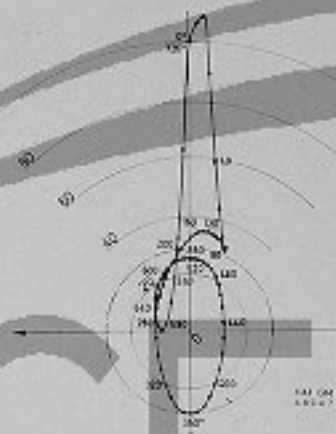


Fig. 22 - Motore C 420 SS - Esempio di diagramma di carico sui cuscinetti di testa biella

I diagrammi di cui sopra, mettono in evidenza le situazioni derivanti dall'ordine di accensione e dalla contrappesatura, ma non sono sufficientemente indicativi, di per sé, agli effetti della situazione di lavoro dei cuscinetti.

A parte l'utilità che essi possono offrire per confronto con altri di motori simili, essi servono però come base di calcoli più approfonditi, che sono stati

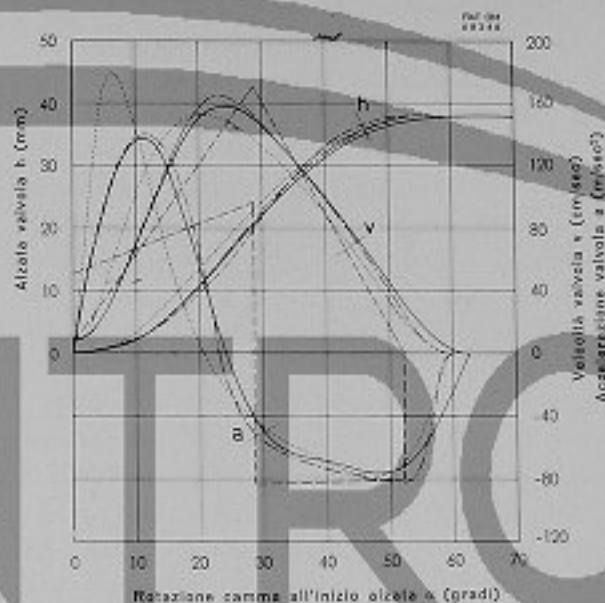


Fig. 23 - Diagramma di alzata (h) velocità (v) e accelerazione (a) per diversi tipi di camme di comando valvole aspirazione e scarico

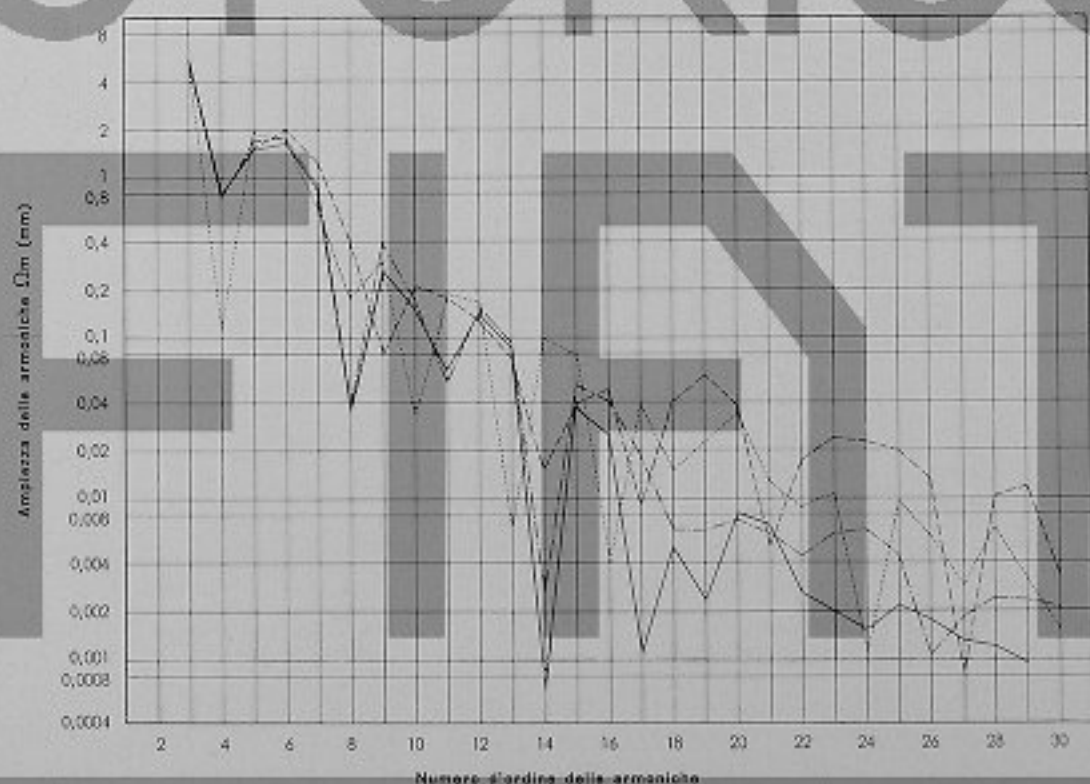


Fig. 24 - Analisi armonica alzata valvole

pure sviluppati, per la determinazione della posizione relativa, istante per istante, del perno con la superficie del cuscinetto e quindi dello spessore del meato lubrificante tra perno e cuscinetto e conseguentemente per la definizione delle dimensioni e dei giochi dei cuscinetti.

Comando delle valvole

Il profilo attivo della camma di comando delle valvole di aspirazione e di scarico è stato definito scegliendolo tra quattro soluzioni e precisamente:

- superficie ad archi di cerchi
- superficie parabolica
- superficie polinomiale
- superficie sinusoidale.

Nella fig. 23 sono indicate, per quattro soluzioni esaminate, le curve che rappresentano l'alzata, la velocità e l'accelerazione in funzione della rotazione della camma dall'inizio dell'alzata.

Come si può notare, le camme del tipo con superficie parabolica, polinomiale e sinusoidale hanno delle curve di accelerazione, abbastanza simili fra loro, che si differenziano sensibilmente da quelle della camma ad archi di cerchi e sono più favorevoli agli effetti dell'adattamento al diagramma delle forze delle molle.

Nella fig. 24 sono riportate le analisi armoniche dell'alzata delle valvole per i quattro profili considerati.

In base a queste analisi armoniche è stato adottato il profilo sinusoidale che è quello che, per le armoniche di ordine elevato, dà luogo alle ampiezze minori e quindi risulta più favorevole agli effetti delle vibrazioni delle molle.

Inversione di marcia

I motori nella versione destinata alla propulsione navale vengono normalmente allestiti direttamente reversibili.

L'inversione di marcia è ottenuta mediante lo scorrimento dell'albero della distribuzione il quale è dotato di camme, per il comando delle valvole di aspirazione e di scarico, di tipo doppio e cioè con una doppia serie di profili, uno impiegato per la marcia avanti e l'altro per la marcia indietro.

Lo spostamento dell'albero della distribuzione è ottenuto mediante un servomotore, a doppio stantuffo, sistemato ad una sua estremità, a comando pneumatico mediante aria compressa derivata dai dispositivi di manovra. Questo sistema di inversione di marcia corrisponde ad una soluzione adottata in precedenza, e quindi largamente sperimentata, su altri tipi di motori FIAT a 4 tempi con diametro di cilindro di 300 mm.

Gli stantuffi del servomotore che comanda lo spostamento dell'asse distribuzione sono proporzionati con notevole larghezza in modo da assicurare prontezza e celerità nell'operazione di inversione; sono dotati di un freno sul fondo corsa per evitare fenomeni di urto.

Il meccanismo di inversione è dotato dei dispositivi di sicurezza e di segnalazione per impedire errate manovre o per segnalare anomalie.

Per maggiore tranquillità, sul dispositivo di inversione sono stati eseguiti nei Laboratori sperimentali della FIAT-Grandi Motori per le prove sui materiali, degli esperimenti aventi lo scopo di stabilire le forme, i materiali e i trattamenti sui materiali meglio rispondenti alle esigenze funzionali del meccanismo in quanto impiegato su un motore più grande di quelli sui quali era stato in precedenza adottato.

È stato allestito un modello comprendente, per un solo cilindro, le parti del motore interessate all'inversione di marcia: testata cilindro, comandi valvole, albero distribuzione comandato mediante un martinetto pneumatico, ecc.

Le prove, intese a studiare il comportamento delle superfici a contatto e cioè delle camme di comando delle valvole e dei rispettivi rulli, sono state condotte realizzando le stesse condizioni di carico che si hanno sul motore in funzionamento ma in condizioni peggiorative in quanto si è previsto di effettuare la sola operazione di scorrimento dell'albero, escludendone la rotazione, e mantenendo fermo il rullo.

Sono state sperimentate parecchie varianti riguardanti la forma della camma e del rullo, i materiali e i trattamenti sui materiali dei rulli.

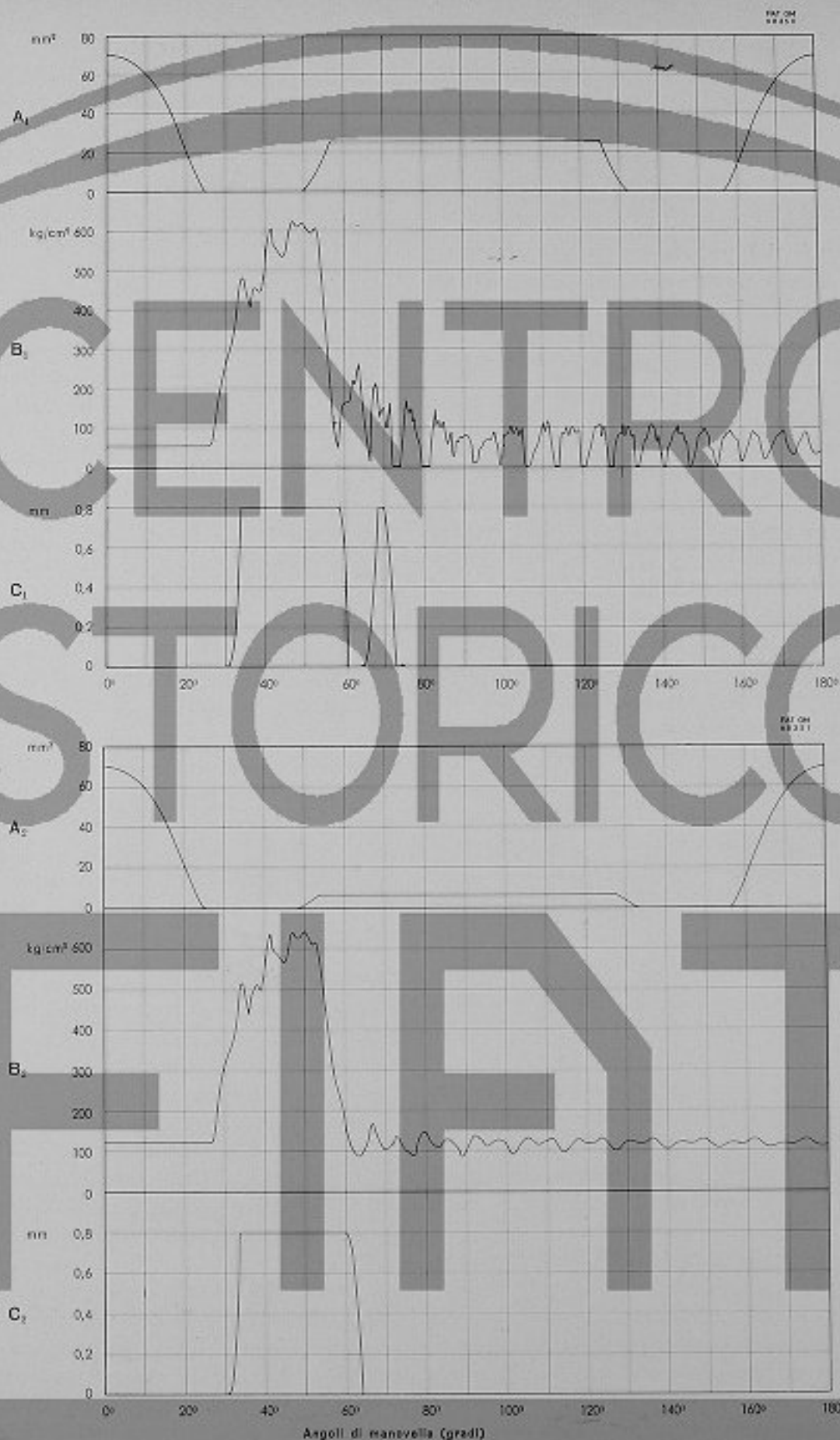
Apparato di iniezione

Comprende pompe di iniezione singole, una per cilindro, del tipo con la regolazione della mandata ottenuta mediante la rotazione del pompante che determina la fine della pompata, sistemate nella parte alta del motore in vicinanza delle testate cilindro.

Ogni pompa è in grado di iniettare, alla velocità di 225 giri/min. (la velocità normale del motore è di 450 giri/min.), una quantità di combustibile massima di circa 9,2 cm³/ciclo, corrispondenti circa a 20 kg/cm² di p.m.e.

Tale possibilità è stata controllata in sede progettuale prendendo in considerazione l'allestimento dell'apparato previsto per il funzionamento attuale a p.m.e. di circa 14 kg/cm², che non sarà però certamente l'ottimo per il funzionamento a p.m.e. di 20 kg/cm².

Accorgimenti particolari sono stati adottati per rendere l'apparato adatto al funzionamento sia con combustibile leggero che con nafta pesante preriscaldata.



$A_1; A_2$ - Sezione di aspirazione e reflusso dal pompante - $B_1; B_2$ - Pressione a metà del condotto di iniezione - $C_1; C_2$ - Alzata spillo del polverizzatore

Fig. 25 - Andamento delle leggi di pressione e di moto dello spillo, per diversi valori della sezione di reflusso del pompante

A questo riguardo, la pompa del combustibile è stata prevista con una separazione tra alimentazione e riflusso allo scopo di:

- 1) Mantenere una attiva circolazione di combustibile nella pompa e nel sistema di alimentazione anche alle potenze ridotte ed in particolare a vuoto.

Questo provvedimento ha il duplice scopo di evitare il surriscaldamento del combustibile leggero durante il funzionamento a basso carico e di evitare il raffreddamento del combustibile durante il funzionamento con nafta preriscaldata.

- 2) Ridurre le differenze di riempimento delle varie pompe del combustibile per impulsi di pressione circolanti nel sistema di alimentazione, dovuti agli scarichi di fine iniezione delle pompe stesse.

Il progetto dell'apparato di iniezione agli effetti del suo comportamento idrodinamico, è stato condotto, come di norma, con l'ausilio di un calcolatore elettronico, utilizzando il sistema di calcolo impostato e sviluppato dalla FIAT-Grandi Motori.

L'esecuzione dei calcoli con il calcolatore elettronico, è diretta particolarmente al controllo del regolare svolgimento dei vari fenomeni interessanti l'iniezione del combustibile, soprattutto per quanto riguarda l'esistenza di fenomeni di disturbo o di irregolarità. Tra questi, che sono numerosi, si possono annoverare: le riaperture spillo, i fenomeni di cavitazione, i fenomeni di rientro di gas dalla camera di combustione nell'iniettore, i fenomeni di instabilità del sistema di iniezione agli effetti della nafta iniettata per ciclo, ecc.

Per questo motore sono stati eseguiti numerosi calcoli e sono state esaminate, in campo analitico, varie soluzioni dirette all'eliminazione dei fenomeni sopracitati.

A titolo esemplificativo riportiamo i risultati di calcoli relativi a due assetti dell'apparato di iniezione che presentano come unica differenza tra di loro, quella di avere una diversa legge di variazione della sezione di riflusso alla fine dell'iniezione.

Tale studio è stato condotto per esaminare l'influenza di questo parametro sullo svolgimento dei fenomeni di riapertura spillo e di possibile cavitazione nel condotto di iniezione che collega la pompa al polverizzatore.

Nei grafici riportati nella fig. 25 è possibile vedere come la variazione della legge seguita, alla fine dell'iniezione, dalla sezione totale di riflusso, sia in grado di modificare sostanzialmente l'andamento del fenomeno iniezione agli effetti degli inconvenienti in argomento.

In particolare, nella sistemazione in cui la sezione di riflusso raggiunge, alla fine della pompata, il valore di $25,6 \text{ mm}^2$ in $7,6^\circ$ di manovella (curve 1), si verificano due riaperture spillo, la prima delle quali raggiunge la massima alzata mentre la seconda è di entità che raggiunge soltanto gli $0,01 \text{ mm}$.

Su questi fenomeni di riapertura deve essere considerato che minore è l'entità della riapertura e più gravi possono essere le sue conseguenze, in quanto per piccole sezioni di efflusso si hanno maggiori perdite di carico e quindi maggiori pericoli di cattiva polverizzazione e di depositi carboniosi attorno ai fori di iniezione. L'entità molto ridotta dell'ultima riapertura indica che, qualora essa si verifici in pratica (e questo non è accertabile proprio in conseguenza della sua piccola entità che la rende non rilevabile sperimentalmente) la nafta che fuoriesce non può essere polverizzata e quindi può provocare fumosità e sporcamento dell'iniettore.

Ancora con la stessa sistemazione è possibile notare, nel grafico relativo alle pressioni a metà del condotto di iniezione, che la pressione scende per ben 10 volte al valore della tensione di vapore. Questo fatto sta ad indicare che esiste la possibilità, in questi punti, di fenomeni di cavitazione con conseguente erosione delle pareti.

Tale inconveniente può provocare l'otturazione dei

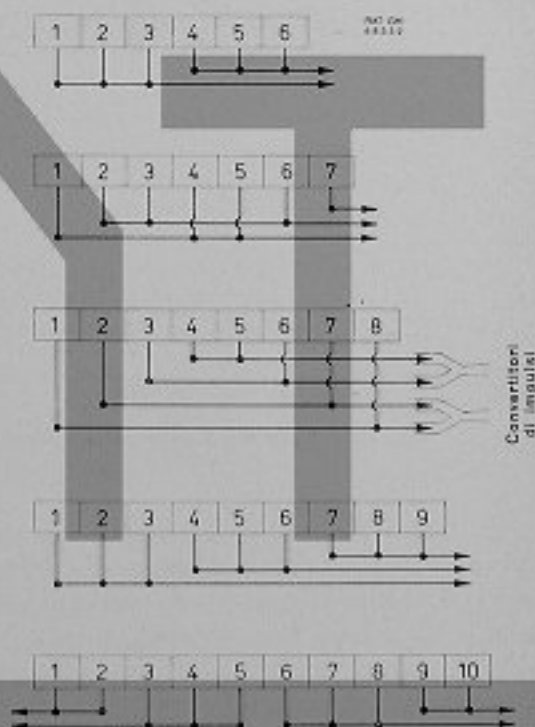


Fig. 26 - Collegamento tubi di scarico per motori da 6 a 10 cilindri sovralimentati



Fig. 27 - Andamento delle sollecitazioni sull'albero a manovelle dovute a vibrazioni torsionali

fori di iniezione da parte delle particelle staccate per erosione, grippature dei pompanti, avaria delle sedi spillo e delle sedi delle valvole di mandata oltre ovviamente alla rottura delle tubazioni stesse.

Nella soluzione con legge di variazione della sezione di riflusso che raggiunge 6,3 mm² in 5,9" di manovella, è possibile constatare che i fenomeni di riapertura sono scomparsi, nonostante che la pressione residua della tubazione tra due successive iniezioni sia

aumentata, come pure sono scomparsi gli abbassamenti di pressione che raggiungevano la tensione di vapore.

Sovralimentazione

Il motore, nelle versioni sovralimentate, utilizza i gas di scarico inviandoli in turbocompressori a più ingressi, secondo il sistema « ad impulsi di pressione ».

Ogni ingresso di gas al turbocompressore è generalmente alimentato dallo scarico di più cilindri che vengono collegati fra di loro sulla stessa tubazione di scarico così da realizzare degli sfasamenti intervallati in maniera adeguata, allo scopo di ottenere uniformità nel flusso del gas e quindi un elevato rendimento del turbocompressore.

La scelta dei collegamenti fra i vari cilindri, che deve rispettare quanto più possibile la condizione di cui sopra, è stata fatta in relazione all'ordine degli scoppi e avendo presente di realizzare tubazioni costruttivamente semplici, senza incroci e senza brusche variazioni di direzione.

Nella fig. 26 è riportato lo schema delle tubazioni che convogliano i gas scaricati dai cilindri ai turbocompressori per i motori con un numero di cilindri da 6 a 10 e cioè con i cilindri disposti in linea.

Per i motori con i cilindri disposti a « V » la situazione è eguale perché per essi le due file di cilindri devono essere considerate, ciascuna, come l'equivalente motore con i cilindri in linea.

Il motore ad 8 cilindri (e quello a 16 che, per quanto riguarda l'apparato di sovralimentazione, è la somma di due motori ad 8 cilindri) presenta, come si può notare dalla figura, una particolarità.

Per questo motore il turbocompressore comprende due ingressi di gas, ciascuno dei quali alimentato da quattro cilindri.

Questi quattro cilindri scaricano a 2 a 2 i gas in due tubi i quali, in prossimità dell'ingresso alla turbina, convergono in un unico tubo, al quale sono collegati in modo da realizzare una specie di eiettore.

Con questa disposizione costruttiva si ottengono risultati ottimi tenendo presente che gli scarichi dei due cilindri di ciascun ramo a monte dell'eiettore sono intervallati di 360° tra di loro e di 180° con quelli dei due cilindri che scaricano nell'altro ramo.

Per i motori a 7 e a 10 cilindri sono stati fatti studi e calcoli particolari e sono state scelte, tra varie possibili soluzioni, quelle funzionalmente più soddisfacenti.

Vibrazioni torsionali

In fase di progettazione di questa serie di motori è stato considerato che, dovendo gli stessi essere destinati prevalentemente all'impiego per propulsione navale, si realizzassero situazioni torsionali di tutta tranquillità e cioè non esistessero limitazioni in tutto il campo di velocità praticato.

Dai grafici riportati nella fig. 27, che rappresentano, per la serie completa dei motori, le sollecitazioni dovute a vibrazioni torsionali sull'albero a manovelle nel caso di applicazioni marine, si può dedurre che la condizione di cui sopra è stata rispettata.

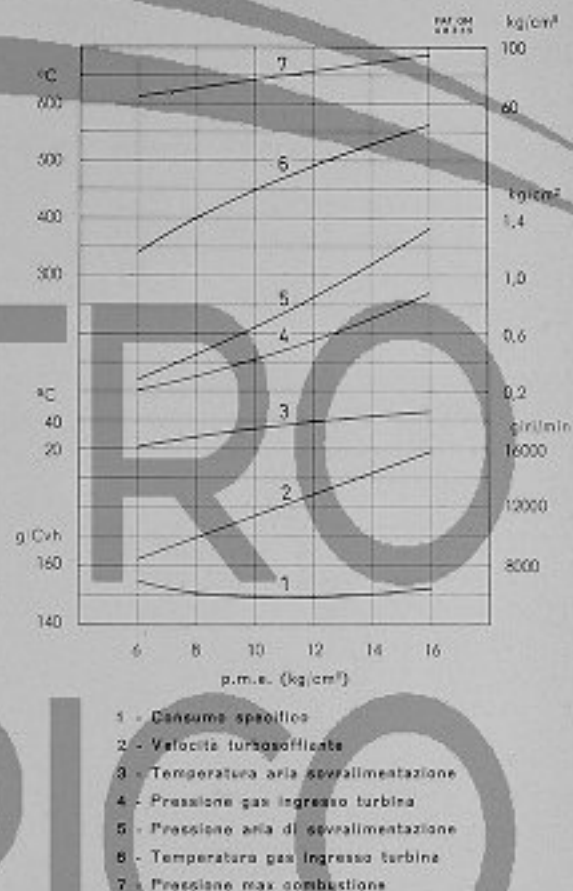


Fig. 28 - Risultati delle prove eseguite sul motore C 426 SS

Il risultato favorevole è stato ottenuto sia adottando proporzionamenti adeguati per l'albero a gomiti in armonia con altre esigenze della costruzione, sia esplorando quelle varianti che hanno influenza sulle vibrazioni torsionali (ordine accensione, dimensione volano, ecc.) e adottando adeguate soluzioni.

Prestazioni

Sulla fig. 28 sono riportate le curve più significative relative al funzionamento del motore con sei cilindri, in funzione della pressione media effettiva di funzionamento estesa in un campo che va da 6 a 16 kg/cm². Le curve sono riferite alla velocità costante di funzionamento di 450 giri/min.

Dall'esame delle curve, in particolare dall'andamento piatto della curva dei consumi che, come si può osservare, è molto favorevole, e da quelle della pressione massima di combustione e delle temperature dei gas, si può dedurre una ottima predisposizione allo sviluppo di prestazioni anche sensibilmente maggiori di quelle corrispondenti alla pressione media effettiva di 16 kg/cm² alla quale le curve sono limitate sul grafico.

Nuovi impianti con turbine a gas FIAT entrati in servizio

dott. ing. Renzo Diraces



Distribuzione nel mondo delle turbine a gas FIAT

In precedenti numeri di questo Bollettino, abbiamo illustrato vari impianti con turbine a gas realizzati dalla FIAT (ved. bollettini n. 1 del 1962, n. 1 del 1963, n. 1 del 1964 e n. 1 del 1965).

Numerose altre turbine a gas FIAT sono state successivamente installate, o sono in corso di allestimento, come risulta dall'elenco di pag. 109.

In questo numero descriviamo brevemente alcuni impianti già entrati in esercizio e non ancora illustrati precedentemente.

TURBINE A GAS INDUSTRIALI FIAT IN SERVIZIO O IN CORSO DI INSTALLAZIONE

TIPO	INSTALLAZIONE	SOCIETÀ	N. unità	In servizio dal	Im- piego
TG 500	Hassi Measseoud - Algeria	SOPEG	2	1960	E
TG 500	Centrale mobile - Argentina	AGUA Y ENERGIA ELECTRICA	2	1961	E
TG 500 R	Barker - Argentina	LOMA NEGRA S. A.	2	1961	E
TG 500	Blanco Encalada - Argentina	AGUA Y ENERGIA ELECTRICA	1	1961	E
TG 500	Luyan de Cuyo - Argentina	YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES	1	1962	E
TG 500	Cinco Saltos - Argentina	INDUPA	1	1962	E
TG 3000	Chivasso (Torino) - Italia	ENEL	1	1962	E
TG 500	Pico Truncado - Argentina	YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES	2	1963	E
TG 500	Paraná - Argentina	AGUA Y ENERGIA ELECTRICA	1	1963	E
TG 500 R	Olavarría - Argentina	LOMA NEGRA S. A.	1	1963	E
TG 500	Hassi R'Mel - Algeria	ELECTRICITE GAZ D'ALGERIE	2	1963	E
TG 500	Vallera - Malta	MALTA ELECTRICITY BOARD	1	1965	E
TG 7	Dhahran - Arabia Saudita	DESCO	2	1965	E
TG 3000	Belgrado - Jugoslavia	TOPLANA NOVI BEGRAD	3	1965	E
TG 500	Bengasi - Libia	ELECTRICITY CORPORATION FOR EASTERN PROVINCES	2	1965	E
TG 7	Aden	ADEN ELECTRICITY CORPORATION	2	1965	E
TG 36	Bucarest - Romania	MASINIMPORT	3	1966	E
TG 7	Azzahra (Tripoli) - Libia	PUBLIC ELECTRICITY CORPORATION FOR WESTERN PREFECTURES	2	1966	E
TG 5 BR	Bahia Blanca (Gasdotto S. Cruz - Buenos Aires) - Argentina	GAS DEL ESTADO	3	1967	C
TG 5 BR	General Conesa (Gasdotto S. Cruz - Buenos Aires) - Argentina	GAS DEL ESTADO	3	1967	C
TG 7	Chittagong - Est. Pakistan	EAST PAKISTAN WAPDA	2	1967	E
TG 7	Bengasi - Libia	ELECTRICITY CORPORATION FOR EASTERN PROVINCES	2	1967	E
TG 7	Punto Fijo - Venezuela	CA. DA. FE.	2	1967	E
TG 500 M	U.R.S.S.	MACHINOIMPORT	6	1967	C
TG 7	Azzahra (Tripoli) - Libia	PUBLIC ELECTRICITY CORPORATION FOR WESTERN PREFECTURES	2	1967	E
TG 16	Augusta - Italia	ESSO - RASOM	2	1967	E
TG 14	Goalpara - Est. Pakistan	EAST PAKISTAN WAPDA	2	1967	E
TG 7	Centrale mobile - Est. Pakistan	EAST PAKISTAN WAPDA	1	1968	E
TG 16	Shahjibazar - Est. Pakistan	EAST PAKISTAN WAPDA	3	1968	E
TG 16	Dhahran - Arabia Saudita	DESCO	2	1968	E
TG 16	Shahdara - Pakistan occidentale	WEST PAKISTAN WAPDA	4	1968	E
TG 16	Tung Hsiao - Taiwan (Formosa)	TAIWAN POWER CORP.	4	1968	E
TG 16	Malanza (Buenos Aires) - Argentina	SEGBA	2	1968	E
TG 16	Malaver (Buenos Aires) - Argentina	SEGBA	2	1968	E
TG 16	Shiraz - Iran	MINISTRY OF WATER AND POWER	3	1968	E
TG 16	Korat - Thailandia	NORTH EAST ELECTRICITY AUTHORITY	1	1968	E
TG 16	Khartoum - Sudan	CENTRAL ELECTRICITY CORP.	1	1968	E
TG 16	Tabriz - Iran	MINISTRY OF WATER AND POWER	2		E
TG 16	Udonthani - Thailandia	NORTH EAST ELECTRICITY AUTHORITY	1		E
TG 16	Jemeppe Sur Sambre - Belgio	SOLVAY	1		E
TG 25	Dhuvaran - India	GUYARAT ELECTRICITY BOARD	2		E
TG 16	Codrangianos (Sassari) - Italia	ENEL	2		E

E - Produzione di energia elettrica - C - Azionamento di compressori gas

1) Centrale di Dhahran (Arabia) con 2 turbine TG 7

La Centrale, situata in pieno deserto, a circa 20 km di distanza dalla città di Dhahran, che è il più vicino centro abitato, fornisce l'energia elettrica per la città di Dhahran, di Damman, di Alkhobar e per altri centri minori.

Nella Centrale sono state inizialmente installate due turbine TG 7, di tipo monoasse, a ciclo aperto semplice (cioè con una fase di compressione, una di combustione ed una di espansione).

La turbina a gas tipo TG 7 è costruttivamente molto simile alla turbina tipo TG 500, già descritta in precedenti bollettini (boll. n. 3 del 1960 e n. 2 del 1961), rispetto alla quale presenta alcune varianti costruttive ed è in grado di erogare prestazioni più elevate.

Essa è sempre di tipo monoblocco, cioè comprende in un unico corpo il compressore dell'aria, i sei combustori, e la turbina propriamente detta. Anche il rotore è costituito da un unico gruppo sia per il compressore che per la turbina, ed appoggia su due soli cuscinetti alle due estremità della macchina.

La turbina a gas ruota alla velocità di 6000 giri/min, ed è accoppiata all'alternatore (che funziona alla frequenza di 60 Hz) tramite un riduttore di giri con rapporto 6000/3600.

In relazione alla ubicazione della Centrale in zona desertica, dove si hanno frequentemente tempeste di sabbia, sono stati previsti, all'aspirazione dell'aria delle turbine, dei prefiltri dissabbiatori seguiti da filtri a bagno d'olio ed il raffreddamento dell'olio delle turbine viene effettuato a mezzo di radiatori olio-aria, in modo da eliminare ogni necessità di acqua di raffreddamento.

2) Ampliamento della Centrale di Dhahran (Arabia) con due turbine TG 16

In seguito ad aumentate richieste di energia nella Centrale di Dhahran la FIAT ha ricevuto l'ordinazione per la stessa Centrale, di altri due gruppi, e in relazione ai programmi di produzione di energia della Centrale vennero scelte turbine di tipo TG 16.

La turbina a gas TG 16 è simile alla TG 500 e alla TG 7, sia funzionalmente cioè è a ciclo aperto, semplice, con una fase di compressione, una di combustione ed una di espansione, sia costruttivamente; ha però dimensioni sensibilmente maggiori, e sviluppa quindi una potenza più elevata.

Le caratteristiche principali della turbina TG 16 sono le seguenti:

— potenza (alle condizioni NEMA)	15550 kW
— consumo specifico di combustibile	3415 kCal/kWh
— velocità di rotazione	4850 giri/min
— portata di aria aspirata	107 kg/sec
— n. di stadi del compressore	15
— n. di stadi della turbina	5
— camera di combustione con n. 6 tubi di fiamma	

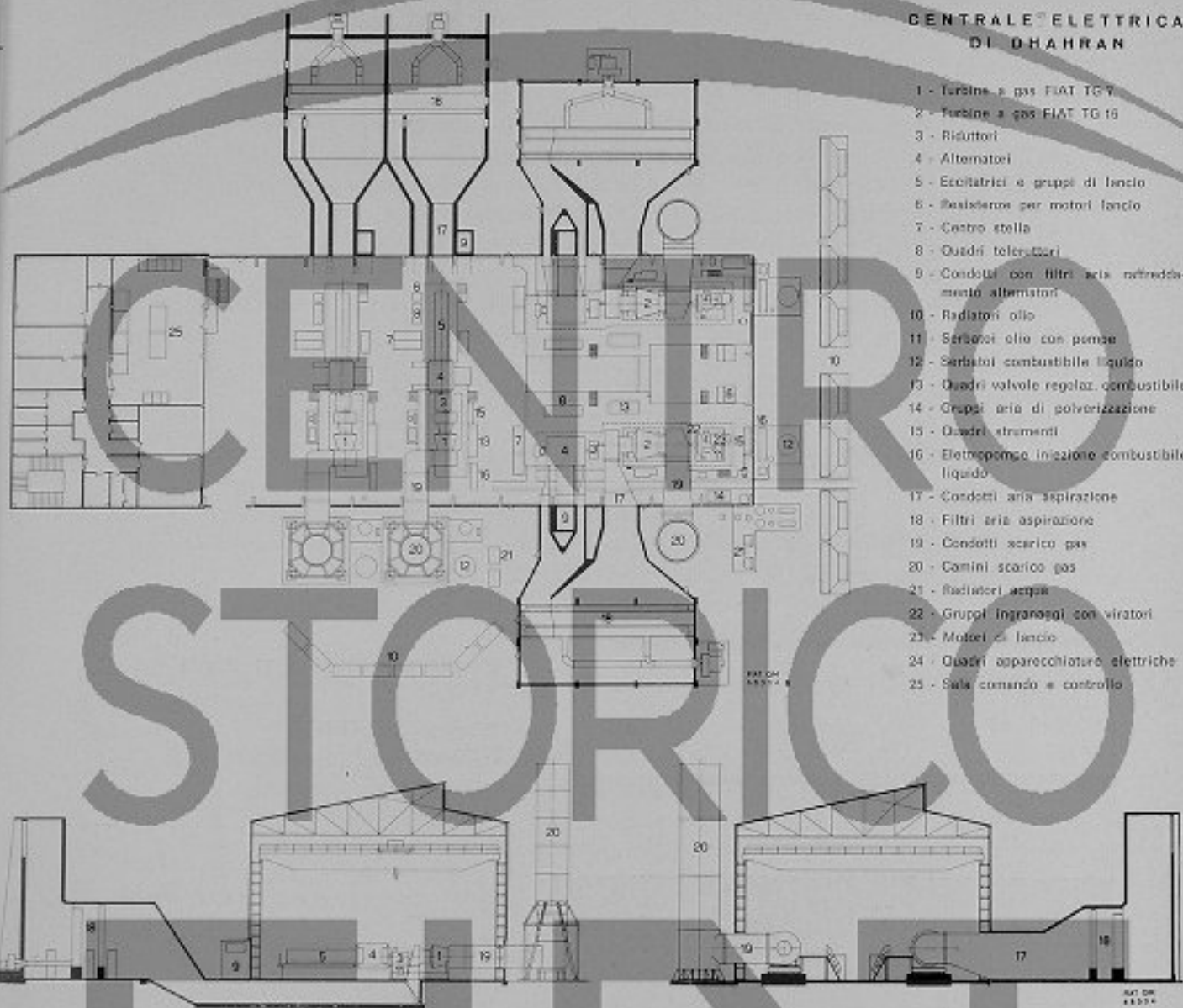
La turbina è accoppiata all'alternatore a mezzo di un riduttore di giri con rapporto 4850/3600.

Anche le due turbine TG 16 della Centrale di Dhahran, come le due TG 7 installate in precedenza nella stessa Centrale, funzionano sia con combustibile liquido che con combustibile gassoso. Il passaggio dall'uno all'altro combustibile può essere effettuato mentre la turbina sta funzionando sotto carico.

L'olio di lubrificazione delle due turbine TG 16 viene raffreddato in radiatori olio-aria.

CENTRALE ELETTRICA
DI DHAHRAN

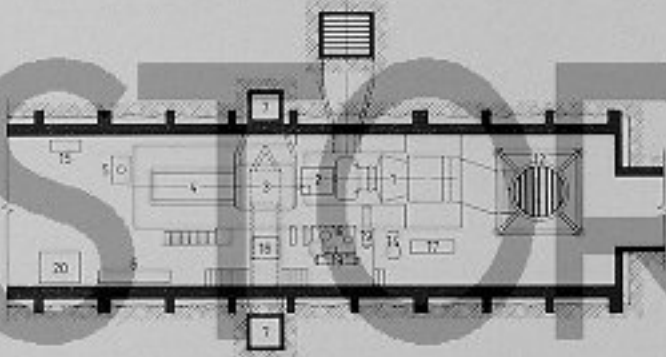
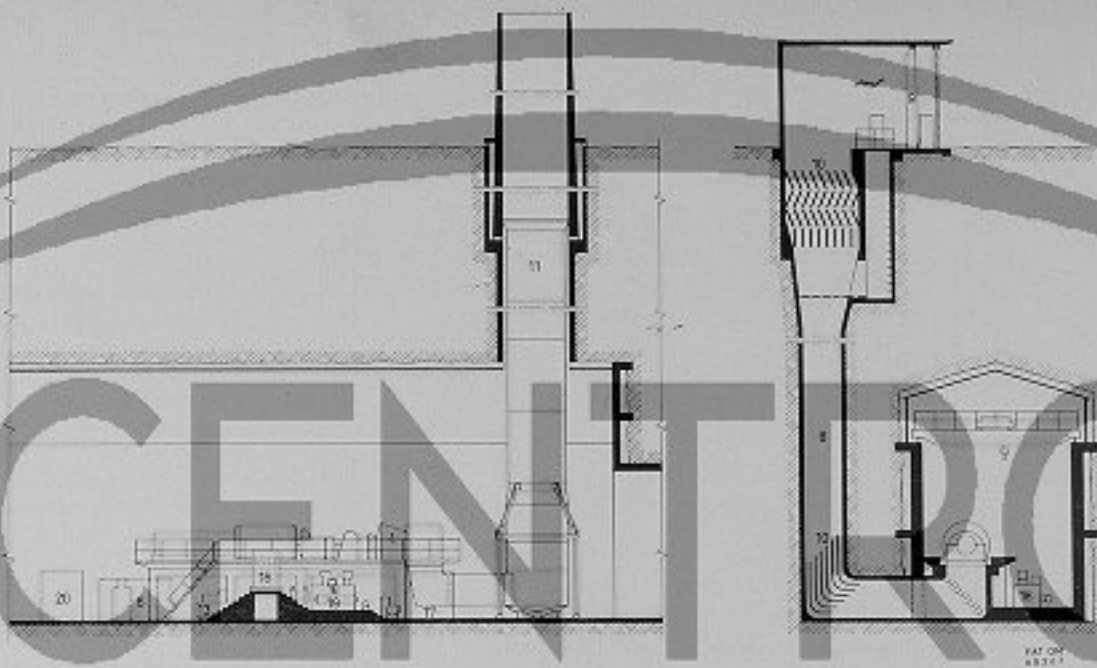
- 1 - Turbine a gas FIAT TG 9
- 2 - Turbine a gas FIAT TG 16
- 3 - Riduttori
- 4 - Alternatori
- 5 - Eccitrici e gruppi di lancio
- 6 - Resistenze per motori lancio
- 7 - Centro stella
- 8 - Quadri teleoperatori
- 9 - Condotti con filtri aria raffreddamento alternatori
- 10 - Radiatori olio
- 11 - Serbatoi olio con pompe
- 12 - Serbatoi combustibile liquido
- 13 - Quadri valvole regolaz. combustibile
- 14 - Gruppi aria di polverizzazione
- 15 - Quadri strumenti
- 16 - Elettropompe iniezione combustibile liquido
- 17 - Condotti aria aspirazione
- 18 - Filtri aria aspirazione
- 19 - Condotti scarico gas
- 20 - Camini scarico gas
- 21 - Radiatori acqua
- 22 - Gruppi ingranaggi con viratori
- 23 - Motori di lancio
- 24 - Quadri apparecchiature elettriche
- 25 - Sala comando e controllo



Vista parziale esterna della centrale



Sala di comando e controllo



CENTRALE ELETTRICA DI MALTA

- 1 - Turbina a gas FIAT TG 500
- 2 - Riduttore
- 3 - Alternatore
- 4 - Gruppo motore di lancio ed eccitatrice
- 5 - Recinzione per motore di lancio
- 6 - Quadro apparecchiature elettriche
- 7 - Condotti aspirazione e scarico aria raffreddamento alternatore
- 8 - Condotta aria aspirazione turbina
- 9 - Filtri aria aspirazione turbina
- 10 - Silenziatore
- 11 - Camino scarico gas
- 12 - Silenziatore
- 13 - Elettrocompressore aria avviamento
- 14 - Gruppo aria di polverizzazione
- 15 - Elettropompa iniezione combustibile liquido
- 16 - Quadro valvole regolazione combustibile liquido
- 17 - Quadro strumenti
- 18 - Serbatoio olio con pompe
- 19 - Refrigerante olio
- 20 - Quadro comando turbina e alternatore



Vista interna della centrale

3) Centrale di Malta con una turbina TG 500

Come risulta dall'illustrazione riportata a pag. 112, il turbogruppo è stato sistemato in una caverna. Due profondi pozzi, che dalla superficie del terreno scendono fino alla caverna, sono utilizzati l'uno per l'aspirazione dell'aria comburente della turbina, l'altro per lo scarico dei gas combusti. Altri pozzi più piccoli servono per l'ingresso e lo scarico dell'aria di raffreddamento dell'alternatore.

Accanto al turbogruppo, nella stessa caverna, sono stati sistemati i principali ausiliari: il serbatoio dell'olio di lubrificazione con le relative elettropompe olio, il quadro valvole regolazione combustibile, il quadro strumenti di controllo e regolazione ed il quadro di comando turbina ed alternatore (dal quale vengono effettuate tutte le manovre del gruppo: avviamento, messa in parallelo, regolazione del carico, arresto).

All'estremità superiore del pozzo utilizzato per l'aspirazione dell'aria per la turbina, è stata prevista una presa d'aria con relativi filtri autopulitori a bagno d'olio. Sia nel condotto verticale di aspirazione dell'aria, sia nel condotto di scarico, sono stati installati dei silenziatori costituiti da una serie di pannelli in lamiera perforata contenenti del materiale fonoassorbente.

La turbina viene alimentata con solo combustibile liquido.

Il raffreddamento dell'olio di lubrificazione del turbogruppo è effettuato a mezzo di un refrigerante con acqua di mare.

4) Stazione di pompaggio per gasdotto argentino con turbine TG 5 BR

Per equipaggiare due stazioni intermedie di ricompressione del gasdotto Santa-Cruz/Gran Buenos Aires (Argentina), sono state fornite sei turbine TG 5 BR collegate a compressori di gas naturale.

La turbina a gas FIAT TG 5 BR è una turbina di tipo bialbero, essendo costituita da due gruppi meccanicamente indipendenti fra di loro e collegati fluidodinamicamente.

Il primo gruppo (detto generatore di gas) è costituito dal compressore assiale dell'aria e da una prima turbina ad espansione che fornisce l'energia necessaria all'azionamento del compressore assiale.

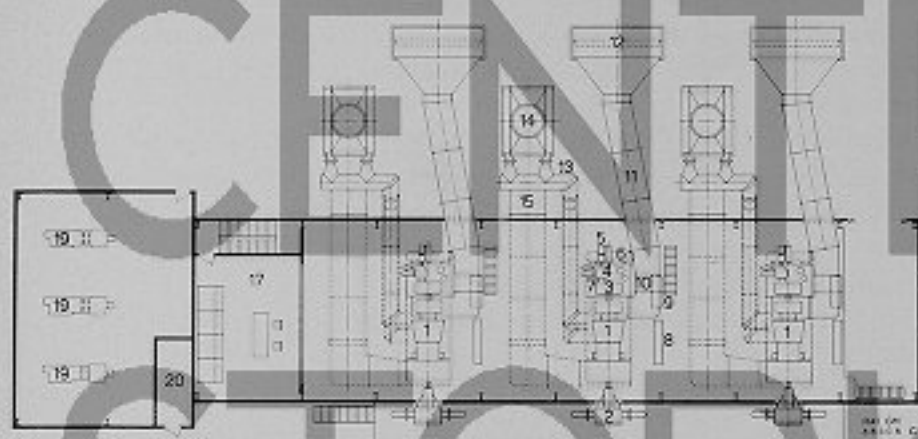
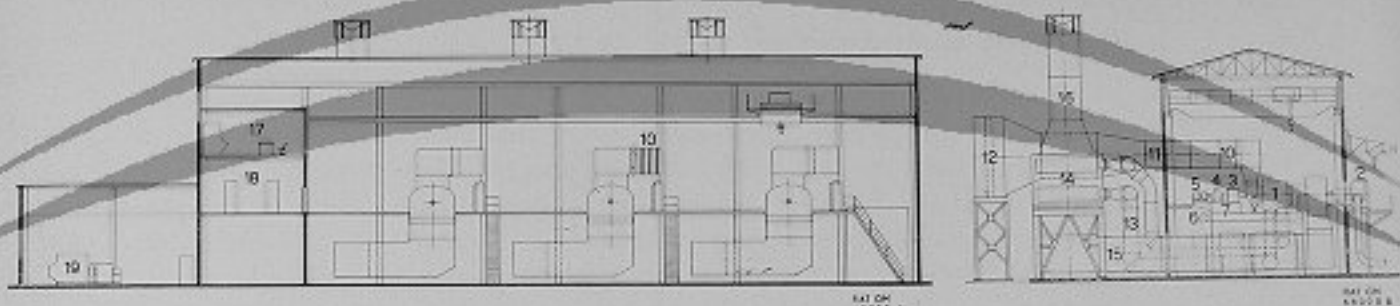
I gas uscenti dal generatore di gas vanno ad una seconda turbina ad espansione (detta turbina di potenza), ove completano la loro espansione e producono l'energia meccanica utile.

La turbina di tipo bialbero è particolarmente indicata per l'azionamento di compressori di gas, in quanto la turbina di potenza può funzionare a giri variabili, secondo le esigenze della macchina utilizzatrice, mentre il generatore di gas ruota alla velocità normale necessaria per ottenere i massimi valori di potenza.

Le turbine TG 5 BR inoltre sono rigenerative, e cioè sono dotate di uno scambiatore di calore (rigeneratore) per trasferire una parte di calore dei gas di scarico all'aria compressa proveniente dal compressore assiale e diretta ai combustori. Si realizza, in tal modo, un sensibile aumento del rendimento della turbina.

Le caratteristiche principali della turbina TG 5 BR sono le seguenti:

- potenza: 6000 HP (alle condizioni NEMA)
- velocità di rotazione max. della turbina di potenza: 5500 giri/min
- consumo specifico di combustibile: 2285 Kcal/HP-h
- portata di aria: 43 Kg/sec.

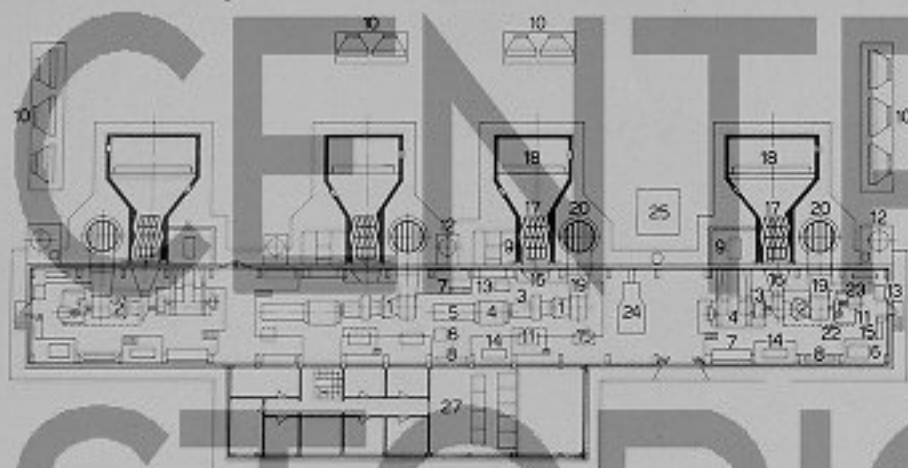
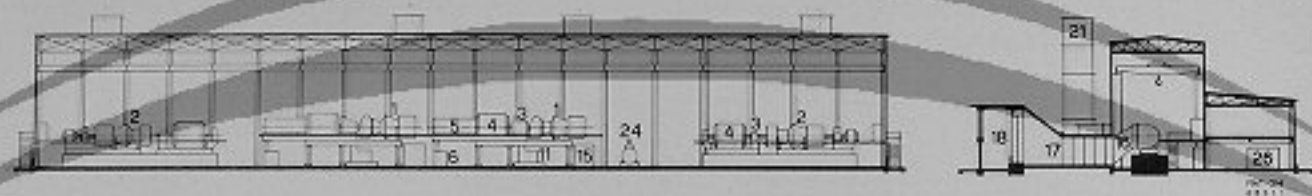


STAZIONE DI POMPAGGIO DEL GASDOTTO
ARGENTINO SANTA CRUZ - BUENOS AIRES

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 - Turbine a gas FIAT TG 5 BR | 11 - Condotti aria aspirazione |
| 2 - Compressori | 12 - Filtri aria aspirazione |
| 3 - Gruppi idropneum. | 13 - Tubazioni aria ai rigeneratori |
| 4 - Turbine di avviamento | 14 - Rigeneratori |
| 5 - Vitratori | 15 - Condotti gas di scarico |
| 6 - Refrigeranti olio | 16 - Camini |
| 7 - Serbatoi olio con pompe | 17 - Sala di controllo e di comando |
| 8 - Quadri strumenti | 18 - Sala quadri apparecchiature elettriche |
| 9 - Quadri valvole regolazione | 19 - Gruppi elettrogeni |
| 10 - Silenziatori | 20 - Locale batterie |

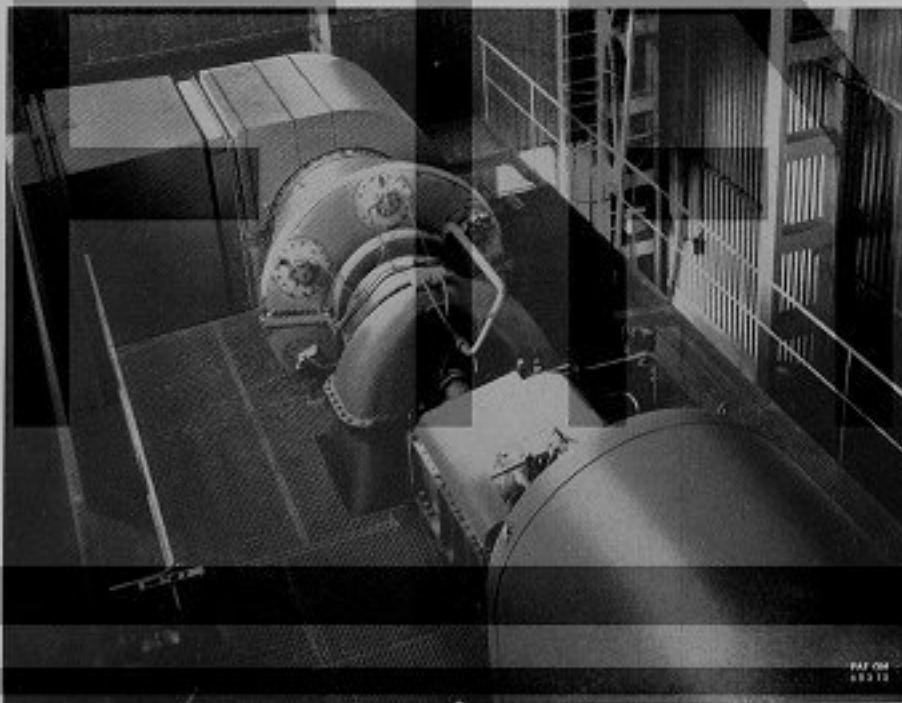


Interno di una stazione di pompaggio con le
3 turbine a gas FIAT tipo TG 5 BR

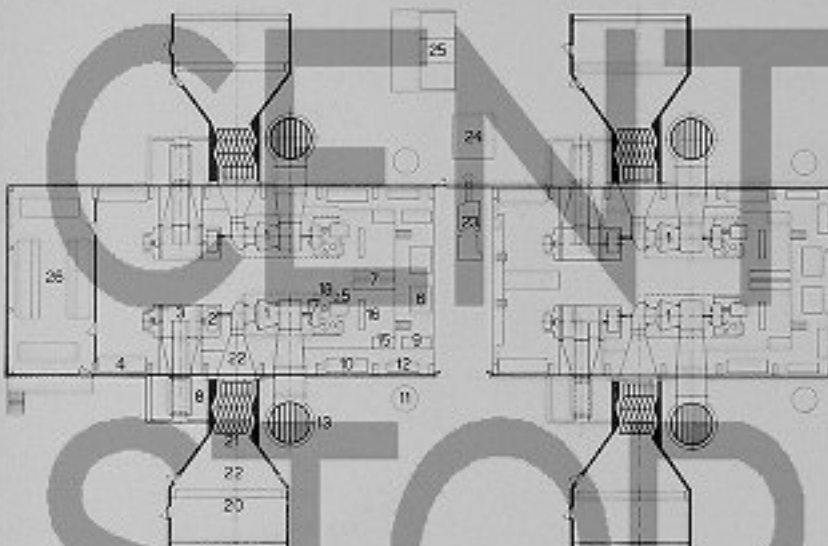


CENTRALE DI BENGASI

- 1 - Turbine a gas FIAT TG 500
- 2 - Turbine a gas FIAT TG 7
- 3 - Riduttori
- 4 - Alternatori
- 5 - Eccitrici e gruppi di lancio
- 6 - Resistenze per motori di lancio
- 7 - Centro stella
- 8 - Quadri teleoperatori
- 9 - Condotti con filtri aria raffreddamento alternatori
- 10 - Radiatori olio
- 11 - Serbatoi olio con pompe
- 12 - Serbatoi servizio combustibile liquido
- 13 - Quadri valvole regolazione combustibile
- 14 - Gruppi aria di polverizzazione
- 15 - Quadri strumenti
- 16 - Condotti aria aspirazione
- 17 - Silenzianti
- 18 - Filtri aria aspirazione
- 19 - Condotti scarico gas
- 20 - Silenzianti
- 21 - Camini scarico gas
- 22 - Gruppi ingranaggi con viratore
- 23 - Motori di lancio
- 24 - Gruppo elettrogeno FIAT MS 620 Db
- 25 - Radiatore olio del gruppo elettrogeno
- 26 - Quadri apparecchiature elettriche
- 27 - Sala di comando e di controllo

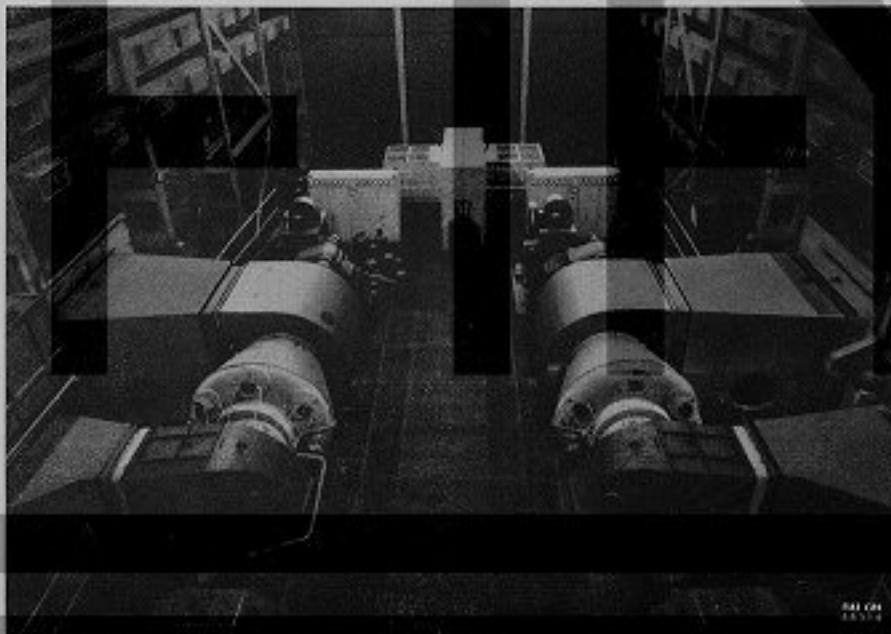


Interno della centrale di Bengasi
Una delle due turbine TG 500



CENTRALE DI AZZAHRA (LIBIA)
CON 4 TURBINE FIAT TG 7

- 1 - Turbine a gas FIAT TG 7
- 2 - Riduttori
- 3 - Alternatori
- 4 - Ecotermici e Armadio teleoperatori
- 5 - Motori di lancio
- 6 - Resistenze per motore di lancio
- 7 - Quadri teleoperatori
- 8 - Condotti con filtri aria raffreddamento alternatori
- 9 - Elettrocompressori aria avviamento
- 10 - Gruppi aria di polverizzazione
- 11 - Serbatoi servizio combustibile liquido
- 12 - Elettropompe iniezione combustibile liquido
- 13 - Silenziatori
- 14 - Camini scarico gas
- 15 - Quadri valvole regolazione combustibile
- 16 - Quadri strumenti
- 17 - Gruppi ingranaggi con vortice
- 18 - Serbatoi olio con pompe
- 19 - Refrigeranti olio
- 20 - Filtri aria aspirazione
- 21 - Silenziatori
- 22 - Condotti aria aspirazione
- 23 - Gruppo elettrogeno con motore FIAT tipo MB 820 Ds
- 24 - Radiatore olio del gruppo elettrogeno
- 25 - Torri raffreddamento acqua
- 26 - Sala di comando e di controllo



Due dei quattro turbogruppi TG 7 installati
nella centrale di Azzahra

Nella figura della pagina 114 è rappresentata una stazione di ricompressione del gasdotto suddetto, con tre gruppi costituiti ciascuno da una turbina TG 5 BR che aziona un compressore di gas.

Le turbine sono previste per funzionare esclusivamente con combustibile gassoso.

In relazione al particolare tipo di questa installazione, per l'avviamento delle turbine a gas sono state previste, invece dei motori elettrici (ordinariamente usati in altri impianti), delle turbine ad espansione di gas naturale, che vengono alimentate con gas spillato dal gasdotto.

5) Centrale di Bengasi con 2 turbine TG 500 e 2 turbine TG 7

Questa Centrale, situata alla periferia di Bengasi, a circa tre km dal centro della città, è stata in un primo tempo equipaggiata con due gruppi con turbine a gas TG 500. Successivamente il Cliente ha ordinato, per l'ampliamento della Centrale, altri due turbogruppi con le turbine di tipo più potente TG 7.

Come si rileva dal disegno di pag. 115, i quattro turbogruppi sono stati disposti allineati. In tal modo tutti i gruppi vengono serviti con una unica gru a ponte con luce molto limitata e quindi di costo ridotto.

Le turbine fanno attualmente servizio continuo per soddisfare le richieste di energia elettrica della città. Il funzionamento avviene con solo combustibile liquido.

Da notare che è stato costruito dalla FIAT l'intero edificio della Centrale completo di tutti i servizi. Per la sala comando e per gli uffici è stato installato un impianto di aria condizionata, per la sala macchine un impianto di ventilazione atto ad assicurare un sufficiente ricambio dell'aria.

Per rendere la Centrale completamente autosufficiente anche all'avviamento della prima turbina a gas, è stato fornito un gruppo elettrogeno ausiliario con motore Diesel FIAT tipo MB 820 Db capace di fornire l'energia necessaria per l'avviamento di un gruppo turbo-alternatore.

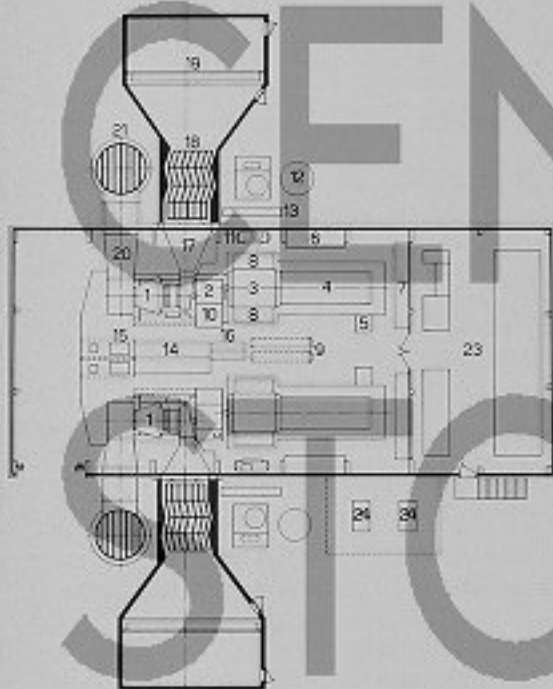
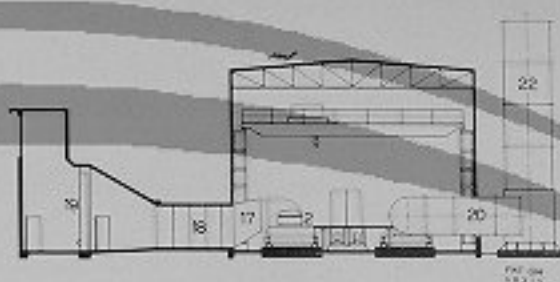
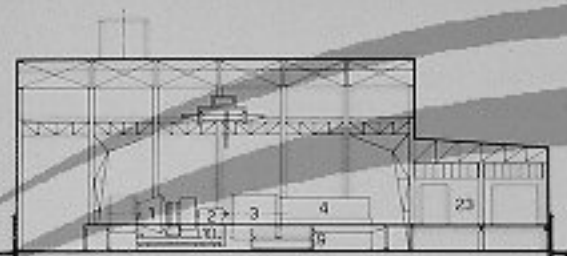
6) Centrale di Azzahra (Libia) con 4 turbine TG 7

La Centrale è situata ad una quarantina di chilometri dalla città di Tripoli. Inizialmente sono stati installati due turbogruppi con turbine TG 7 funzionanti a combustibile liquido e successivamente la Centrale è stata ampliata con altri due turbogruppi dello stesso tipo.

La Centrale svolge attualmente servizio di punta, per integrazione giornaliera dell'energia prodotta da una centrale di base con turbine a vapore.

L'edificio è di tipo a struttura metallica, con un'ampia Sala Macchine contenente i 4 turbogruppi, con la sala di Comando posta in testa, separata dalla Sala Macchine da una vetrata. In relazione alla scarsità di acqua di refrigerazione nella località della Centrale, sono state fornite dalla FIAT delle torri di raffreddamento per raffreddare in circuito chiuso l'acqua usata nei refrigeranti dell'olio di lubrificazione dei turbogruppi.

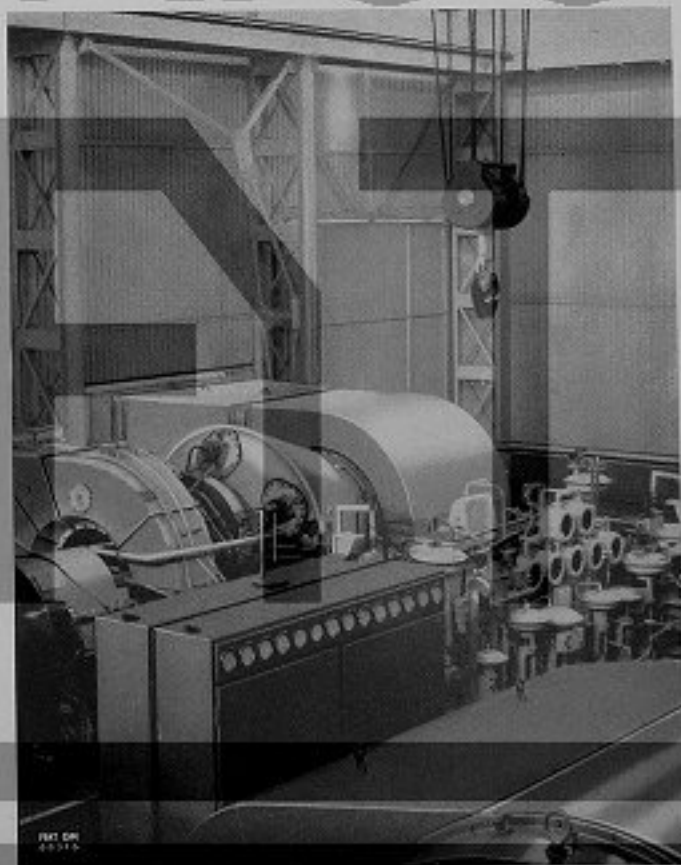
Anche per questa Centrale, come per quella di Bengasi, è stato fornito un gruppo elettrogeno ausiliario con motore Diesel FIAT tipo MB 820 Db adatto a fornire tutta l'energia necessaria durante l'avviamento di un gruppo turbo-alternatore.

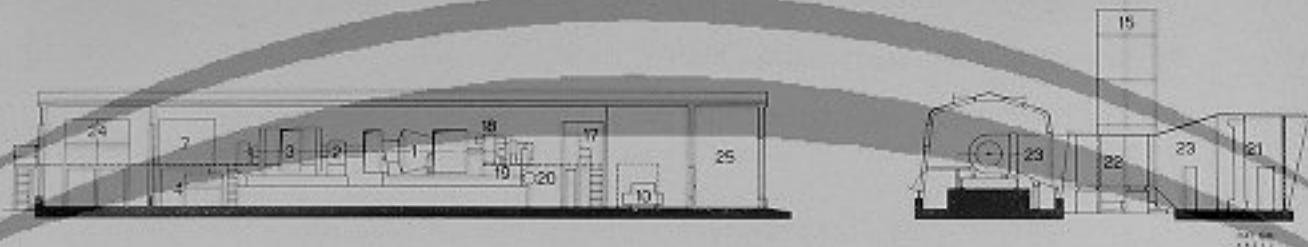


CENTRALE DI ADEN CON 2 TURBINE A GAS FIAT TG 7

Vista interna della centrale ed una delle due turbine TG 7

- 1 - Turbine a gas TG 7
- 2 - Riduttori
- 3 - Alternatori
- 4 - Escitatori e gruppi di lancio
- 5 - Resistenze per motori di lancio
- 6 - Centro stella
- 7 - Quadri selenuttori
- 8 - Refrigeranti aria ventilazione alternatore
- 9 - Refrigeranti olio
- 10 - Serbatoi olio con pompe
- 11 - Elettrocompressori aria avviamento
- 12 - Serbatoi servizio combustibile liquido
- 13 - Elettropompe iniezione combustibile liquido
- 14 - Quadri valvole regolazione comb. liquido e gassoso
- 15 - Gruppi aria di polverizzazione e lavaggio
- 16 - Quadri strumenti
- 17 - Condotti aria aspirazione
- 18 - Silenziatori
- 19 - Filtri aria aspirazione
- 20 - Condotti scarico gas
- 21 - Silenziatori
- 22 - Canini scarico gas
- 23 - Sala di comando e di controllo
- 24 - Trasformatori





CENTRALE DI CHITTAGONG (PAKISTAN ORIENTALE) CON 2 TURBINE FIAT TQ 7

- 1 - Turbine a gas FIAT TQ 7
- 2 - Riduttori
- 3 - Alternatori
- 4 - Eccitrici
- 5 - Motori di lancio
- 6 - Resistenze per motori di lancio
- 7 - Quadri alternatori
- 8 - Condotti con filtri aria raffreddamento alternatori
- 9 - Stazioni di trasformazione
- 10 - Elettropompe aria avviamento
- 11 - Gruppi aria di polverizzazione e lavaggio
- 12 - Serbatoi servizio combustibile liquido
- 13 - Elettropompe iniezione combustibile liquido
- 14 - Silenziatori
- 15 - Camini scarico gas
- 16 - Quadri valvole regolazione combustibile liquido e gassoso
- 17 - Quadri strumenti
- 18 - Gruppi ingranaggi con viratore
- 19 - Serbatoi olio con pompe
- 20 - Refrigeranti olio
- 21 - Filtri aria aspirazione
- 22 - Silenziatori
- 23 - Condotti aria aspirazione
- 24 - Sale di controllo e di comando
- 25 - Magazzini pezzi leggeri



La centrale di Chittagong durante il montaggio

7) Centrale di Aden con 2 turbine TG 7

La Centrale che è stata costruita in riva al mare, su un terreno di riporto, fornisce l'energia alla città, e funziona in parallelo con una Centrale con turbine a vapore.

Le turbine sono adatte per bruciare sia combustibile liquido che combustibile gassoso. Il combustibile gassoso proviene, a mezzo di un gasdotto, da una raffineria della Soc. British Petroleum, sita a circa 15 km di distanza.

Poiché la pressione di arrivo del combustibile gassoso è bassa (2.3 kg/cm^2), la FIAT ha fornito una Centrale di compressione capace di comprimere il gas fino alla pressione di $12-12.5 \text{ kg/cm}^2$ necessaria per l'alimentazione delle turbine a gas. Sono stati installati 4 compressori, muniti dei dispositivi di regolazione per mantenere automaticamente costante la loro pressione di mandata. Sono stati anche installati dei riscaldatori elettrici del gas che sono necessari per evitare il pericolo di presenza di condensa nel gas in arrivo alle turbine.

L'olio di lubrificazione dei turbogruppi viene raffreddato con acqua di mare in scambiatori di calore a fascio tubiero.

8) Centrale di Chittagong (Pakistan Orientale) con 2 turbine TG 7

In questa Centrale sono stati adottati edifici di nuovo tipo per i gruppi turboalternatori ed i loro ausiliari.

Si tratta di edifici di tipo compatto prefabbricato, costituiti da una serie di armature metalliche equidistanti, e da pannelli di chiusura standardizzati formati da una lamiera esterna e da un rivestimento interno antitermico e fonoassorbente in lana minerale.

Questi edifici sono costruiti completamente in officina, vengono smontati per la spedizione e richiedono, sul posto, un lavoro di assemblaggio che può essere eseguito con limitato personale; le opere in calcestruzzo sono ridotte alle sole fondazioni. Come si rivela dal disegno di pag. 119, ogni gruppo turboalternatore con turbina TG 7, con i suoi ausiliari e con la sua Sala di Comando, è contenuto in un edificio prefabbricato indipendente.

Le due turbine possono funzionare sia con combustibile liquido che con combustibile gassoso.



CENTRO STORICO FIAT

Pubblicazione trimestrale - Direttore Responsabile: Dott. Ing. GIOVANNI GORIA

Registrato al Tribunale di Casale Monferrato in data 16 Marzo 1955 con il N. 49

Installazione di una turbina a gas
FIAT tipo TG 16 a Tung Hsiao
(Isola di Formosa)

