

BOLLETTINO TECNICO

N. 2 1968 VOL. XXI

APRILE - GIUGNO

Spediz. in abbonamento postale - Gruppo IV

FIAT GRANDI
MOTORI

CENTRO

STORICO

FIAT



CENTRO

L'esperienza recente della manutenzione dei grandi motori diesel marini

dott. ing. E. Cotti Pag. 33

Descrizione ed esperienza di funzionamento di tre turbine a gas a ciclo rigenerativo installate in una fabbrica Argentina di cemento Portland

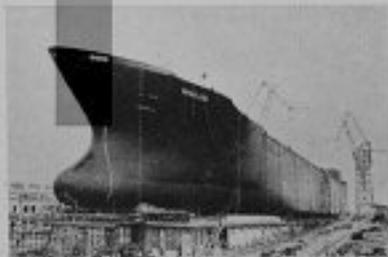
ing. R. Thomas Pag. 50

Navi con motori FIAT entrate in servizio nel 1967

Pag. 58

STORICO

FIAT



In copertina: La Min "Rivalta", da 102.000 Tonn. d. w., della Sbc, Italcavi di Genova per il trasporto di prodotti petroliferi e minerali, sullo scalo del cantiere di Montalcone

L'esperienza recente della manutenzione dei grandi motori diesel marini

dott. ing. E. Cotti

Aggiornamento della memoria presentata alla « Diesel and Gas Turbine Power Conference and Exhibit » dell'ASME di New Orleans, La., 24-28 Aprile 1966.

Premessa

Nella costruzione delle navi, in particolare per quanto riguarda le Cisterne ed i Bulk-carriers, ci sono due tendenze che sono venute via via sviluppandosi in parallelo negli anni dopo l'ultima guerra mondiale, e specialmente negli ultimi dieci anni, e cioè quella di fare navi sempre più grandi e adottare per queste la propulsione Diesel invece che la turbina a vapore.

La tendenza di adottare la propulsione Diesel anche per le grandi e grandissime navi è praticamente generale presso tutti i paesi ad eccezione dell'area dell'America del Nord per la quale non stiamo qui ad illustrare i motivi della differente scelta, perché questi sono già stati esposti in molte pubblicazioni tra le quali citiamo una memoria presentata dal defunto Direttore Principale della FIAT Grandi Motori, Dott. Ing. Roberto De Pieri, nell'anno 1964 al « meeting » della « The Society of Naval Architects and Marine Engineers » di Montreal e dal titolo: « Propelling Sets for Large Ships: Diesel Engine or Steam Turbines? ».

Facciamo solo presente che oggi, dalle statistiche più recenti, la propulsione Diesel, eccettuata l'area dell'America del Nord, copre circa il 90% delle navi mercantili al di sopra delle 10.000 t di portata (sotto questo limite la propulsione Diesel copre praticamente il 100%) costruite o ordinate negli ultimi anni.

Il motivo di questa scelta nel sistema di propulsione delle navi è da ricercarsi nella maggior economicità di esercizio che comporta l'impiego del motore Diesel in quanto gli Armatori hanno avuto modo di constatare che nel bilancio complessivo delle spese di esercizio delle loro navi la propulsione con motori Diesel risulta più vantaggiosa essenzialmente a causa del minore consumo specifico di combustibile che tuttora è almeno ancora del 25% inferiore a quello degli apparati a turbina più moderni.

Naturalmente la scelta della propulsione Diesel, specie per le navi di grande tonnellaggio e cioè al di sopra delle 40.000 ÷ 50.000 t di portata lorda, avrebbe incontrato serie difficoltà senza l'avvento di motori di potenze molto elevate, fino a 25.000 ÷ 30.000 Cv

in una sola unità, mentre sono già in costruzione motori di potenze ancora maggiori, e cioè fino a 35.000 ÷ 40.000 Cv.

L'impiego del motore Diesel non avrebbe però potuto raggiungere l'attuale grado di sviluppo se parallelamente ai fattori prima indicati non si fosse potuto garantire altre caratteristiche fondamentali per l'economicità dell'esercizio e cioè: bassi costi di manutenzione e grande sicurezza di servizio.

Questi due fattori sono in sostanza strettamente collegati in quanto le caratteristiche costruttive che garantiscono la massima sicurezza e continuità nell'esercizio comportano in linea di massima anche bassi costi di manutenzione perché i vari organi debbono avere lunga durata e richiedere visite e revisioni a lunga scadenza.

Occorre anche che tali visite e manutenzioni possano essere eseguite con rapidità per garantire spese limitate di mano d'opera e massima continuità di servizio delle navi riducendo praticamente le soste per i lavori a pochi giorni all'anno, che d'altra parte sono già normalmente richiesti anche per la pulizia della carena, e lavori allo scafo e agli impianti di bordo.

Lo sforzo dei costruttori di motori Diesel è perciò stato orientato da tempo nel senso di fare progredire in parallelo alla maggiore potenza ed alla riduzione dei consumi la semplificazione e la maggior robustezza delle macchine in modo da consentire operazioni di manutenzione rapide e distanziate nel tempo.

Contemporaneamente sono venute sempre più perfezionandosi le attrezzature da impiegare nelle operazioni di smontaggio e rimontaggio dei pezzi, nella loro pulizia, nel loro ricondizionamento, quando necessario, in modo da ridurre sia i tempi che la fatica delle varie operazioni di manutenzione.

È recente l'adozione anche per navi mercantili di sistemi automatici per il controllo e la condotta dei motori Diesel, sistemi che hanno come scopo fondamentale una maggior sicurezza ed economicità nella condotta delle macchine e quindi nell'esercizio, ma che risultano anche di vivo interesse e notevole vantaggio per la manutenzione perché sono in grado sia

di segnalare tempestivamente eventuali anomalie nel funzionamento delle macchine consentendo così un rapido intervento atto ad evitare inconvenienti, sia perché lasciano maggior tempo libero a disposizione del personale di macchina, parte del quale può perciò essere adibito alla manutenzione corrente anche in navigazione.

L'obiettivo della presente relazione è quello di illustrare l'esperienza direttamente acquisita dall'autore nella sua qualità di capo dei Servizi di Assistenza Tecnica della FIAT Grandi Motori nel campo della manutenzione dei motori marini.

Per questo scopo la FIAT si trova in condizione di offrire un campo di esperienza particolarmente ampio in quanto dispone di una vasta rete di assistenza per i motori di propria produzione e cura direttamente la manutenzione di centinaia di apparati motori navali, come verrà meglio precisato in seguito.

1) Tipi di motori considerati

Dato lo scopo della presente trattazione, ci limitiamo a considerare le esperienze nella manutenzione dei motori marini di grande e grandissimo diametro impiegati per la propulsione navale, anche se la FIAT si prende cura della manutenzione e dell'assistenza tecnica per tutti i tipi di macchine da lei prodotte

che comprendono perciò anche i motori Diesel di medio e piccolo diametro per uso sia marino che terrestre, le turbine a gas, ecc.

Secondo la consuetudine in uso presso la FIAT vengono considerati di grande diametro i motori che hanno un diametro superiore a 600 mm.

Attualmente sono in servizio tre tipi di motori in questo campo e precisamente:

— B. 680 S con diametro 680 mm e potenza di 1.275 Cv/cil, potenza massima: 15.300 Cv con 12 cilindri.

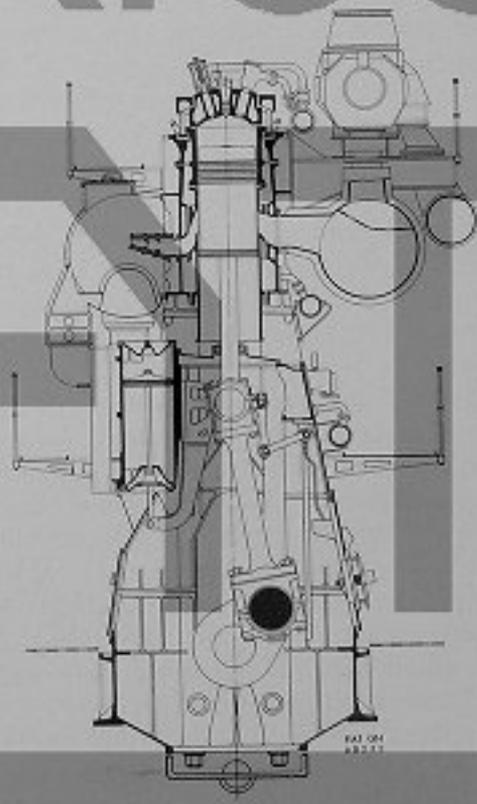
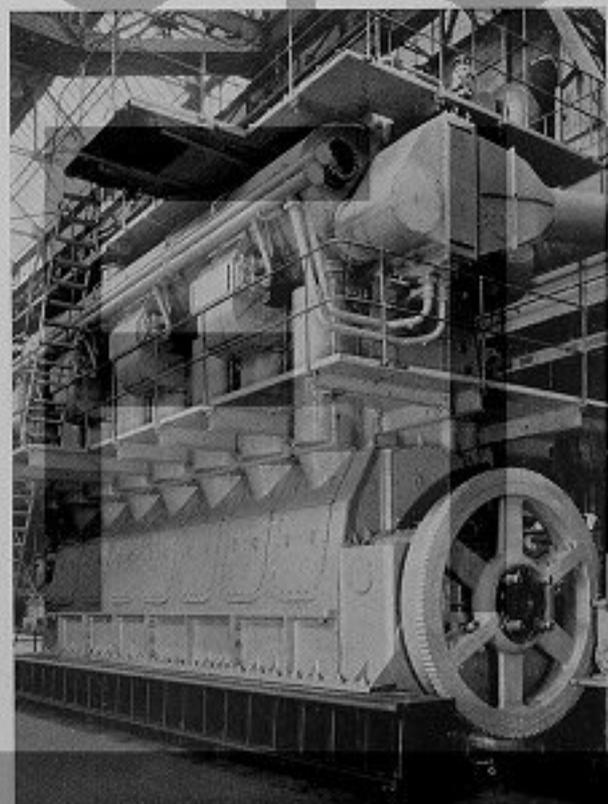
Il motore è rappresentato in fotografia nella figura 1 e in sezione trasversale nella figura 2 dove sono anche indicati tutti i principali dati.

— B. 750 S con diametro 750 mm e potenza di 1.500 Cv/cil, potenza massima: 18.000 Cv con 12 cilindri.

Il motore è rappresentato in fotografia nella figura 3 e in sezione trasversale nella figura 4 dove sono anche indicati tutti i principali dati.

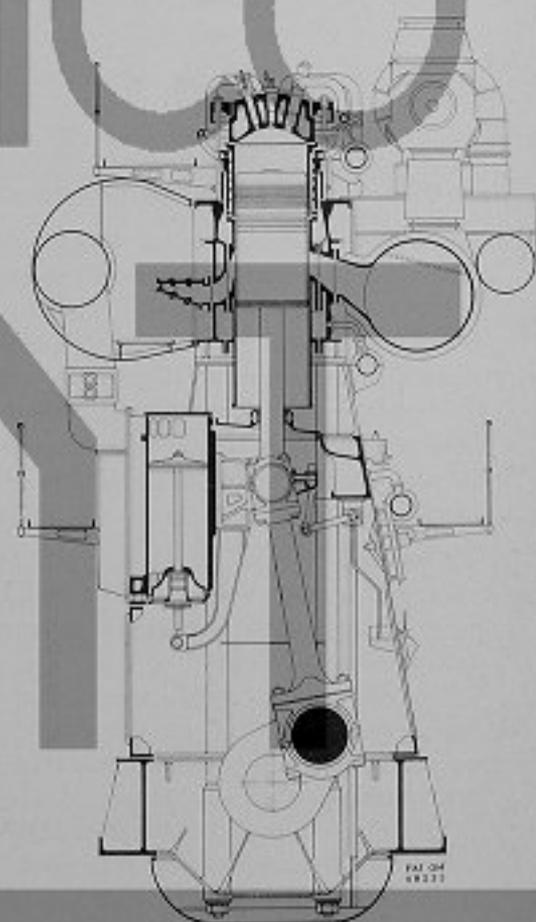
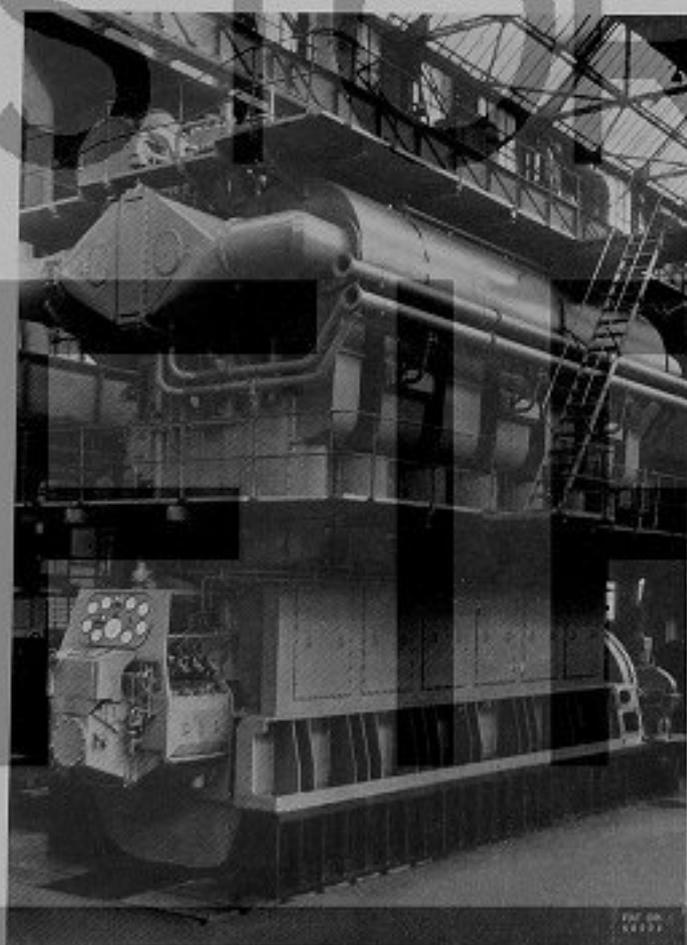
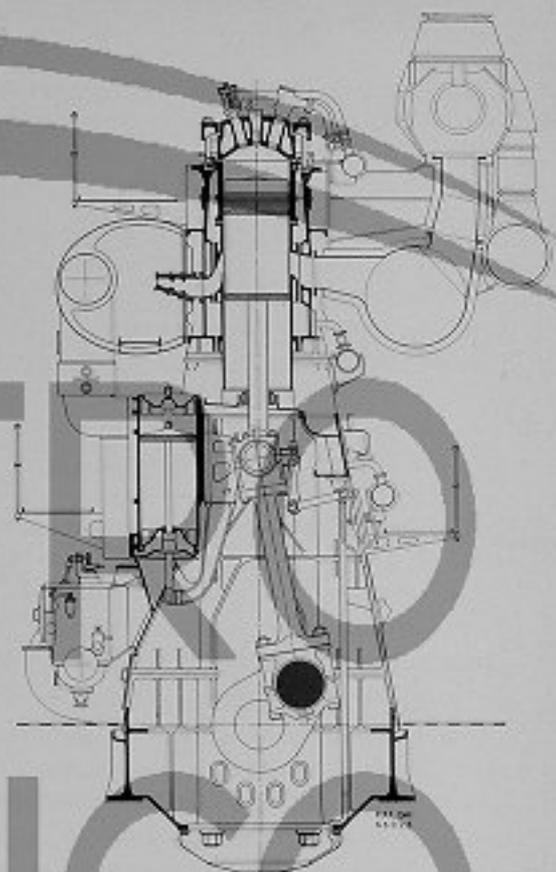
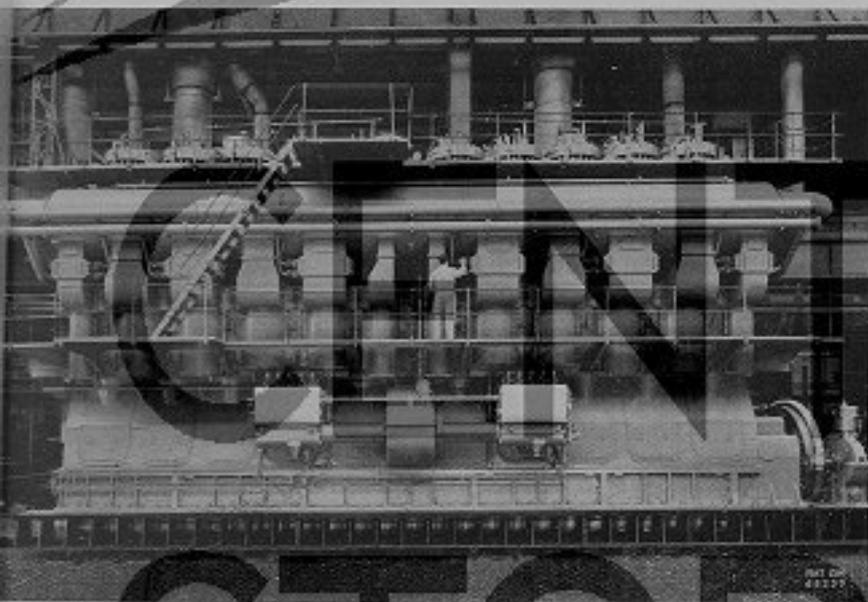
— 900 S con diametro 900 mm e potenza di 2.500 Cv/cil, potenza massima: 30.000 Cv con 12 cilindri.

Il motore è rappresentato in fotografia nella figura 5 e in sezione trasversale in figura 6 dove sono anche indicati tutti i principali dati.



Figg. 1-2 - Vista e sezione trasversale di un motore FIAT a 2 tempi tipo B.680 S - Diametro 680 mm - Corsa 1200 mm - Potenza di 1275 Cv per cilindro a 150 giri/min e 8,78 kg/cm² di p.m.e.

Figg. 3-4 - Vista e sezione trasversale di un motore FIAT a 2 tempi tipo B 750 S - Diametro 750 mm - Corsa 1320 mm - Potenza 1500 Cv per cilindro a 135 giri/min e 8,57 kg/cm² di p.m.e.



Figg. 5-6 - Vista e sezione trasversale di un motore FIAT a 2 tempi tipo 900 S - Diametro 900 mm - Corsa 1600 mm - Potenza 2500 Cv per cilindro a 125 giri/min e 8,64 kg/cm² di p.m.e.

Questi motori, tutti con testa croce, pur avendo dimensioni e potenze unitarie alquanto differenti, presentano sostanzialmente le stesse caratteristiche costruttive e funzionali che brevemente riassumiamo:

a) Per tutti i motori è previsto l'impiego di nafta da caldaie anche delle peggiori qualità e pertanto fra le altre caratteristiche previste a questo scopo e che possono essere comuni ai motori di altre case costruttrici ne esiste una tipica ed esclusiva del motore FIAT che è quella di avere la separazione a spazio aperto tra la camicia e la camera del manovellismo.

La separazione tra i cilindri e la camera del manovellismo esiste oggi praticamente in tutti i motori di grande diametro previsti per l'impiego della nafta da caldaie, ma il fatto di avere lo spazio sotto le camicie completamente aperto all'aria libera esiste solo nel motore FIAT e presenta, in base alla nostra esperienza, i seguenti vantaggi:

- garanzia completa circa l'eventualità che i residui della combustione possano penetrare nella camera del manovellismo e quindi impossibilità di inquinamento dell'olio ivi contenuto;
- eliminazione di ogni rischio di incendi ed esplosioni nello spazio sotto ai cilindri e praticamente anche nel carter;
- riduzione al minimo nel consumo dell'olio del carter.

b) Ciclo a due tempi con lavaggio trasversale ed eliminazione di qualsiasi valvola comandata.

c) Sovralimentazione ottenuta con turbosoffianti a gas di scarico che lavorano a pressione costante.

L'aria elaborata dalle turbosoffianti, dopo un primo stadio di refrigerazione passa in un secondo stadio di compressione attraverso delle pompe aria comandate direttamente dal manovellismo di ogni cilindro e viene raffreddata una seconda volta prima di passare al collettore di alimentazione dei cilindri motori.

d) Il basamento e l'incastellatura per i motori B.680 S e B.750 S possono essere in ghisa fusa o in lamiera saldata mentre sono sempre in lamiera saldata per i motori 900 S.

I cilindri sono per tutti i motori in ghisa e le camicie sono di speciale costruzione parte in ghisa e parte in acciaio in modo da assicurare la massima resistenza meccanica insieme con un'ottima resistenza all'usura ed un'efficace raffreddamento.

Gli stantuffi sono in acciaio e disegnati in modo da permettere un raffreddamento altamente efficace con olio, che ne garantisce una lunga durata.

La scelta dell'olio come liquido refrigerante semplifica grandemente i dispositivi di entrata ed uscita

allo stantuffo che possono essere costruiti in modo da rendere minime le necessità di manutenzione.

L'albero a gomiti è del tipo semicomposto in acciaio fuso senza alcuna foratura per il passaggio dell'olio, caratteristica che aumenta considerevolmente il margine di sicurezza dell'albero stesso.

Il reggispinta, del tipo a pattini oscillanti, è incorporato nel motore.

e) La costruzione in generale del motore e di tutte le altre parti non menzionate (pompe combustibile, polverizzatori, ecc.) è la più semplice e robusta possibile: si può dire che il disegno di questi motori è stato fatto proprio con il proposito di ottenere l'esercizio più facile e sicuro e la manutenzione più rapida ed economica.

I risultati pratici hanno dimostrato che questi obiettivi sono stati raggiunti in modo soddisfacente.

2) Tipi di navi prese in esame

Parallelamente ai tipi di motori che abbiamo stabilito di considerare riteniamo opportuno fare anche un cenno ai tipi di navi sulle quali questi motori sono in genere installati in quanto ai fini di una disamina delle modalità di manutenzione è importante anche il tipo della nave.

Anche se noi ci occupiamo della manutenzione dei motori su tutti i tipi di navi, tralasciamo qui di proposito di parlare delle navi per passeggeri, delle navi militari e delle navi da carico di piccolo tonnellaggio in quanto per le particolari esigenze, dimensioni e spazio disponibile, su queste classi di navi, i motori che ora abbiamo preso in esame possono trovare difficilmente applicazione.

Tratteremo perciò soltanto delle navi da carico generale, specie dei tipi veolci oggi in uso, delle navi da carico secco alla rifuca (bulk e ore carriers) e delle cisterne.

Occorre subito dire che queste navi sono anche quelle che presentano il maggior interesse ai fini delle esigenze di manutenzione perché le loro soste in porto, con alcune eccezioni per le navi di linea da carico, sono di breve durata e vanno sempre più riducendosi per il perfezionamento via via maggiore dei mezzi e delle attrezzature di carico e scarico tantoché oggi in molti casi le soste in porto o ad un pontile in mare aperto sono ridotte a poche ore.

È tuttavia di fondamentale importanza, ai fini della economicità dell'esercizio, garantire in ogni caso la regolarità e la continuità del servizio, il che significa in pratica permettere alla nave di sostare per il tempo strettamente necessario alle operazioni commerciali senza nessun prolungamento delle soste per esigenze di manutenzione e nello stesso tempo assicurare che la velocità prevista per l'esercizio possa venire mantenuta in modo costante.

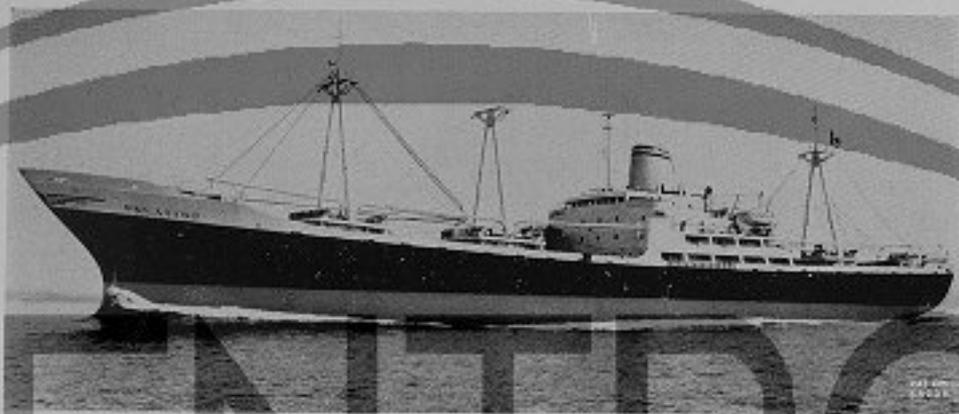


Fig. 7 - M/n Palatino cargo-liner da 10.000 t.d.w. del Lloyd Triestino con motore FIAT B 758 S velocità 19 nodi - In servizio sulle linee Italia - Estremo Oriente

Alcune pubblicazioni, anche recenti, relative ai confronti tra i costi di esercizio tra navi con apparato motore Diesel oppure con turbine a vapore affermano ancora che la disponibilità annua della nave a motore risulterebbe sensibilmente inferiore a quella della corrispondente nave a vapore a causa delle esigenze di manutenzione dei motori Diesel giudicata tra l'altro più costosa.

Noi possiamo affermare con dati statistici ricavati direttamente che questo oggi non corrisponde a verità ed anzi in diversi casi abbiamo potuto constatare che si può ottenere una maggiore disponibilità annua con la nave a motore che non con quella a vapore, come sarà meglio precisato in seguito attraverso ad alcuni esempi.

In realtà oggi i lavori di manutenzione più importanti sul motore Diesel possono essere concentrati in una breve sosta annuale, che per certi tipi di navi non è neppure necessaria in quanto sono sufficienti le normali soste di carattere commerciale.

La piccola manutenzione corrente, o di routine può essere in ogni caso fatta durante la navigazione e le soste commerciali, per quanto brevi, per qualsiasi tipo di nave.

D'altra parte passando in breve rassegna i tipi delle navi prima indicate si può constatare:

a) Navi di linea per carico generale

Il servizio di queste navi comporta soste in porto abbastanza frequenti ed alle volte di durata anche notevole (alcuni giorni).

Per il tipo di merci trasportate e per il fatto che le operazioni commerciali su queste navi richiedono nella grande maggioranza dei casi l'attracco alla banchina del porto, non ci sono difficoltà né pericoli di alcun genere ad eseguire lavori di manutenzione abbastanza

impegnativi come ad esempio lo sfilamento di uno stantuffo, il controllo dei cuscinetti del manovellismo durante le normali soste commerciali e pertanto ai fini della continuità e regolarità del servizio non esistono assolutamente problemi.

Possiamo anzi affermare per esperienza diretta che buona parte di queste navi non effettuano neppure una sosta annuale di alcuni giorni per lavori di manutenzione in quanto tutti i lavori vengono largamente espletati durante le soste commerciali, durante le quali si provvede pure alle visite continuative di riclassifica.

In molti casi le navi di questo tipo fermano per motivi tecnici solo un paio di giorni all'anno per operazioni di carenaggio in bacino.

Noi eseguiamo direttamente la manutenzione dei motori su una quarantina di queste navi e la fotografia di figura 7 ne rappresenta una (M/n «PALATINO» del Lloyd Triestino) dotata di motore B. 758 S e adibita alla linea tra il Mediterraneo e l'Estremo Oriente insieme a tre navi gemelle.

Queste quattro navi, entrate in servizio alla metà del 1963, ed i cui apparati motori sono legati a noi da contratto di manutenzione forfetario, non hanno mai effettuato soste apposite per lavori di manutenzione all'apparato motore.

b) Bulk-carriers

In questa categoria di navi noi comprendiamo non solo quelle per carico alla rinfusa di tipo classico, ma anche le Ore-Oil carriers che stanno assumendo un'importanza ed una consistenza via via maggiore.

Con i moderni impianti esistenti oggi nella maggior parte del mondo per il carico e la scarica di queste navi le soste in porto o ai pontili per operazioni commerciali sono ridotte a poche decine di ore e spesso a causa delle ubicazioni dei pontili in mare aperto non



Fig. 8 - M/n Galassia bulk carrier da 35.000 t.d.w. della Sidermar S.p.A. con motore FIAT 908 S ed una velocità di 17 nodi

è neppure concesso di smontare qualche parte importante del motore a scopo di visita o manutenzione per motivi di sicurezza nave.

Malgrado questa situazione abbiamo potuto constatare per esperienza diretta che anche per queste navi si può garantire l'assoluta continuità del servizio eseguendo in genere la manutenzione durante le sole soste commerciali senza alcuna fermata supplementare solo per lavori all'apparato motore di propulsione.

Naturalmente queste navi vengono almeno una volta all'anno fermate in bacino per la riparazione della carena o per qualche riparazione allo scafo ed anche se la sosta è limitata in alcuni casi soltanto a 2-3 giorni si approfitta di questa per completare il ciclo annuale dei lavori di manutenzione e delle visite di classe.

Noi eseguiamo direttamente con la nostra organizzazione di assistenza i lavori di manutenzione sull'apparato motore di una quarantina di queste navi e nella fotografia di figura 8 ne è rappresentata una (M/n « GALASSIA » della Società Sidermar), di 35.000 t di portata lorda, dotata di un motore 908 S.

Questa nave fa parte di una serie di nove navi gemelle adibite al trasporto di carbone e di minerale per le acciaierie della Società Italiana Italsider.

Dai dati statistici raccolti in circa 50 mesi di esercizio risulta che queste navi, il cui contratto di « time charter » prevede sei giorni all'anno di fermata per lavori vari allo scafo o all'apparato motore, non hanno in media neppure avuto necessità di usufruire di tutto il periodo di fermata indicato a contratto.

c) Motocisterne

Si tratta ancora oggi delle navi il cui impegno di servizio è il più gravoso nei riguardi della manutenzione degli apparati motori non tanto perché le soste in pontile per le operazioni di carico e scarico siano

sempre più brevi (si tratta alle volte di poche ore soltanto) quanto per il fatto che nella maggior parte dei casi non è permesso dai Regolamenti portuali di eseguire lavori di qualche entità alla motrice principale perché la nave deve essere sempre pronta a prendere il mare in caso di emergenza.

Per contro si trovano in una situazione più favorevole, ad esempio rispetto ai Bulk-carriers, per la sosta annuale per lavori di manutenzione in quanto le caratteristiche stesse della nave cisterna richiedono, oltre al carenaggio, sempre qualche lavoro di riparazione alle tubazioni, alle serpentine, alle pompe, ai macchinari vari di bordo per cui la sosta annuale in Cantiere non è mai inferiore in genere ad una settimana.

Su questo tipo di nave si deve perciò disporre di apparati propulsori sui quali la manutenzione fondamentale possa essere eseguita in pochi giorni una volta sola all'anno, dovendosi considerare le soste per operazioni commerciali, in linea di massima, soltanto usufruibili per operazioni di manutenzione corrente e per visite di controllo che non impegnino la disponibilità della macchina.

Questo risultato che fino a non molti anni fa sembrava sicuramente ottenibile soltanto con turbine a vapore ed al quale ci si poteva avvicinare solo con difficoltà ed incertezze con il motore Diesel, è oggi un traguardo raggiunto anche da quest'ultimo tipo di macchina in via possiamo dire normale.

Infatti, ad esclusione della manutenzione corrente come ad esempio il cambio dei polverizzatori, la pulizia delle feritoie, delle valvole, ecc. ed i controlli usuali quali la visita dal collettore delle condizioni degli stantuffi e delle camicie, il rilievo dei giochi dei cuscinetti, delle flessioni dell'albero motore, tutte operazioni che non impegnano la disponibilità del motore o quanto meno ne consentono l'impiego con il preavviso di poche decine di minuti, tutti gli altri lavori

più impegnativi quali lo sfilamento degli stantuffi, la visita ai cuscinetti, ecc. possono venire eseguiti una sola volta all'anno.

In pratica questo significa che gli organi principali, ed in particolare gli stantuffi, debbono poter funzionare senza manutenzione, conservando naturalmente condizioni accettabili di efficienza, per 6.000 ÷ 7.000 ore ed in realtà noi abbiamo constatato da tempo che questo è possibile e d'altra parte la stessa cosa viene confermata anche sui motori di altri costruttori da articoli comparsi proprio negli ultimi anni sulle riviste tecniche.

Nei libretti d'istruzione dei motori si trova pertanto una tabella che indica per i vari organi l'intervallo medio tra una manutenzione e l'altra. La tab. I, riportata nella pagina seguente, rappresenta la tabella standard valida per i motori \varnothing 680 - 750 e 900.

Gli intervalli segnati sono da considerare però soltanto indicativi non potendosi in alcun modo prescindere dall'osservazione diretta delle condizioni dei singoli organi durante il funzionamento in modo da giudicare se l'intervallo programmato si può mantenere oppure se deve essere variato.

Questo vale soprattutto per quegli organi le cui con-



Fig. 9 - M/c Carlo Cameli tanker da 92.000 t.d.w. della Soc. S. Lucia S. p. A. con motore FIAT 9012 S ed una velocità di 17 nodi

Noi eseguiamo la manutenzione dell'apparato motore direttamente attraverso le nostre organizzazioni di assistenza per una ventina di queste navi comprese alcune di grande tonnellaggio entrate in servizio negli ultimi anni.

La fotografia di figura 9 rappresenta la M/c «CARLO CAMELI» da 92.000 TDW, con apparato di propulsione costituito da un motore 9012 S.

La «CARLO CAMELI», entrata in servizio al principio di giugno del 1964, è stata fermata una sola volta all'anno per la durata di 7 giorni, per lavori di manutenzione, carenaggio, riparazioni varie, ecc., mentre le manutenzioni correnti hanno potuto essere eseguite nelle normali e brevissime soste di carattere commerciale.

3) Modalità della manutenzione

I lavori di manutenzione degli organi principali dei motori vengono programmati sulla base dell'esperienza acquisita.

Condizioni regolari sono essenziali ai fini della buona efficienza del motore e che sono facilmente ispezionabili senza smontaggi come ad esempio le camicie e gli stantuffi attraverso le luci di scarico ed i cuscinetti attraverso i sondaggi.

È norma generale perciò, prima di procedere allo smontaggio per manutenzione o visita di questi organi, esaminarne le condizioni nel modo sopra indicato e solo dopo questi controlli decidere se è il caso o meno di procedere alla manutenzione, indipendentemente dall'intervallo previsto nel programma.

In linea di massima noi abbiamo constatato che le visite importanti possono effettivamente essere effettuate all'incirca secondo gli intervalli previsti nei programmi di manutenzione e cioè una volta all'anno gli stantuffi ed i cuscinetti di piede biella, una volta ogni due anni i cuscinetti di testa biella ed una volta ogni quattro anni i cuscinetti di banco ed il reggispinta.

Tutti gli altri organi richiedono un impegno di tempo molto ridotto per le visite di manutenzione e per-

Tab. 2 - MOTORE TIPO 908S - TABELLA RIASSUNTIVA DELLE MANUTENZIONI - Ore di funzionamento all'anno = 7000

N.	V.O.C.E.	DESCRIZIONE DELL'OPERAZIONE	Frequenza simboli ore	P.L.S.O.N.A.C.E.			MATERIALE PIÙ MOTORE E PER ANNO			NOTE	
				N. di spere (indici)	N. di pe no par gg par tic ola re	Ore di lav or io per an no	Quantità	Quantità	Caso S		
							Nuovo	Riparato	Nuovo	Riparato	
1	Testate cilindri	Cambio cilindri e laccatura delle testate con cerniere e valvole	28.000	2	8	20	-	-	-	-	
2	Cerniere cilindri	Pulizia e ricostituzione delle testate di lavaggio e scarico	7.000	2	8	5	-	-	-	-	
3	Stentoli (completi)	Estrazione per manutenzione generale senza smontare lo stantuffo, rinnovo delle leve elastiche	7.000	4	8	24	64	-	1.920	-	
4	Pacco tenuta asta stantuffo	Smontaggio completo, aggiustaggio dei supporti raschianti e parziale rinnovo delle fasce e molle	7.000	2	8	4	1	-	100	-	
5	Cuscinetti testa croce	Smontaggio, regolazione del gioco e ricorrendo, sostituzione	7.000	3	8	12	-	-	-	-	
6	Cuscinetti teste bielle	Smontaggio, regolazione del gioco e accorciamento, sostituzione	14.000	3	8	16	-	-	-	-	
7	Cuscinetti di banco	Ispezione ed eventuale registrazione del gioco	7.000	3	10	3	-	-	-	-	
8	Cascinetto reggilivello	Ispezione eventuale registrazione	7.000	2	1	5	-	-	-	-	
9	Bullismo, albero motore guida e pattino	Controllo delle fasce e controllo generale giochi guide e pattini con eventuale aggiustaggio	7.000	3	8	3	-	-	-	-	
10	Corpo pompe combustibile, cerniere leve e rulli	Controllo generale	7.000	2	2	16	-	-	-	-	
11	Pompe iniezione	Smontaggio generale	14.000	2	8	4	1	1	95	95	
12	Polverizzatori	Sostituzione	1.000	2	8	1	-	-	-	-	
13	Guide con spillo polverizzatore	Pulizia, smontaggio ed eventuale smerigliatura	1.000	2	8	3	4	4	200	120	
14	Iniettori	Da rinnovare per usura	3.500	-	-	-	16	-	160	-	
15	Valvole avviamento	Smontaggio e manutenzione generale	7.000	2	8	6	2	-	105	-	
16	Valvole sicurezza	Smontaggio, manutenzione generale e controllo taratura	7.000	2	8	5	1	-	90	-	
17	Tubi e snodo raffredd. stantuffo	Controllo generale giochi e allineamento	14.000	2	8	4	-	-	-	-	
18	Refrigeranti: aria, acqua e olio	Pulizie e manutenzioni	3.500	3	13	5	-	-	-	-	
19	Valvole aria lavaggio su cilindri e collettore	Smontaggio ciclico e pulizia valvole e manutenzione annuale collettore	7.000	2	8+1	15	-	-	48	-	
20	Pompe aria, pacco tenuta e valvole	Controllo generale	14.000	2	8	20	1	-	90	-	
21	Circuito avviamento e regolazione	Controllo generale, pulizia e manutenzione valvole	7.000	2	1 serie	24	1	-	70	-	
22	Cassette lubrificazione	Smontaggio ciclico	7.000	1	3	8	5	5	115	-	
23	Filtri combustibile e olio	Pulizie e manutenzione cicliche	7.000	2	2	12	3	3	30	34	
24	Varie e inconvenienti accidentali	20% del lavoro e 20% dei materiali	7.000	2	2	24	3	3	480	34	
25	Manovalenza non specializzata 10%					24					
TOTALE ALL'ANNO							1745			3465	209

Prevedere la sostituzione del 50% del settole raschianti ogni 4 anni

Comporre la pompa lubrificazione

Sostituzione dell'intero settole con quello di scorta

Personale già con obbligo di smontaggio ciclico

Sostituzione delle aste e lenghi

Sostituzione delle aste valvole

Pulizia refrigerante oltre su entrambi i lati

Sostituzione del 10% delle molle e della molla ogni 2 anni

Sostituzione del 10% delle molle, molle, anelli roscini

Sostituzione di particelle strani e di un distributore avviamento ogni 2 anni

Sostituzione generale di tutte le pompe lubrificazioni, valvole molle e ventole

Rinnovare le cerniere (mantri)

Tab. 3 - MOTORE TIPO 908S - TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PRINCIPALI RIPARAZIONI E SOSTITUZIONI - Ore di funzionamento all'anno = 7000

N.	V. O. C. E.	DESCRIZIONE DELL'OPERAZIONE	Tempo di sostituzione per usura (Anni)	M.A.N.O. D'OPERA.			MATERIALE PER MOTORE E PER ANNO			NOTE	
				N. opere (medie)	Ore di lavoro per ogni particolare	Ore per motore per anno	Quantità	Costo, \$	Quantità		Costo, \$
				Nuovo	Riparato	Nuovo	Riparato				
1	Testate cilindri	Smontaggio generale e riparazione	10-12	8	-	-	0,7	-	1.120	Invernalizzazione, smontaggio e rimontaggio gli calcoli nella manutenzione normale	
2	Camicie cilindri	Smontaggio e riparazione per usura	7-8	8	64	64	-	-	4.610	Rimboscatura delle parti usurate e sostituirle con una rifinitura nuova	
3	Testate stantuffo	Smontaggio dello stantuffo e sostituzione con una nuova o riparata	3-4	8	40	80	1	2250	720	Riparazione con ricompletamento delle sedi, lamine elastiche e sostituzione a spruzzo del cerchio dello stantuffo con lega ad alta resistenza al calore	
4	Mantelli stantuffo	Smontaggio dello stantuffo e sostituzione con uno ripulito	7-8	8	-	-	-	-	500	Riparazione con sostituzione delle teste di guida, smontaggio e rimontaggio gli eccoli nella vettura	
5	Cuscinetti testa a croce	Rimontare la parte inferiore	2-3	-	-	-	3 coppie	-	1.200	Montaggio e lavoro di aggiustaggio al collasso nella manutenzione normale	
6	Cuscinetti teste biella	Rimontare la parte superiore	5-6	-	-	-	1,5	-	750	Montaggio e lavoro di aggiustaggio al collasso nella manutenzione normale	
7	Cuscinetti di banco e reggispinta	Rimontare la parte inferiore e un lato del reggispinta	10-12	1 serie	-	-	0,10 del totale	-	780	Montaggio e lavoro di aggiustaggio già completato nella manutenzione normale	
8	Camme, valli e leve pompe combustibile	Controllo e sostituzione camme, valli e boccole	10-12	3	100	20	-	600	-		
9	Valbi a snodo raffreddamento stantuffi	Rinnovo boccole	4-5	8	20	32	-	74	-		
10	Refrigeranti aria (n. 2 del primo stadio e n. 4 del secondo stadio)	Rinnovo del fascio tubiero e dei coperchi	10-12	4	60	36	0,05 del tot.	850	400	Sostituzione di 8 camere, tutti con boccole e parti, pattini nelle interne ed esterne - pensanti con guide e valvole esclusi perché già indicati nelle normali manutenzioni	
11	Refrigeranti olio (n. 4)	Rinnovo del fascio tubiero e dei coperchi	10-12	4	120	48	0,05 del tot.	700	350	Compressore smontaggio e rimontaggio	
12	Refrigeranti acqua (n. 3)	Rinnovo del fascio tubiero e dei coperchi	10-12	3	120	36	0,05 del tot.	800	300		
13	Refrigeranti acqua polverizzata (n. 1)	Rinnovo del fascio tubiero e dei coperchi	10-12	1	20	2	0,10 del tot.	40	-		
14	Turbosolanti (n. 3)	Rinnovo e riparazione: - dei cuscinetti a sfera e delle pompe olio - delle valvole di ingresso e scarico - del rotore e distributore	2 7-8 10-12	3 3 3	10 24 30	15 9 9	0,05 del tot. 0,05 del tot.	1000	360 200	Sostituzione cuscinetti e riparazione pompe olio Riparazione con addolcitori a spruzzo a costolenza delle correntoni	
15	Zinchi protezione refrigeranti acqua e olio	Sostituzione annuale	1	1 serie	80	30	-	180	-	Riparazione e sostituzione delle valvole turbina danneggiata dalla fiamma	
16	Calore solore cilindri al bisogno	Controllo e serraggio	2	1 serie	40	20	-	1500	2.328		
17	Varie e inconvenienti accidentali	20% del personale e 20% dei ricambi e riparazioni									
18	Manovranza non spec. 10%										
				TOTALE ALL'ANNO			7004			14.268	

tanto i lavori relativi non presentano alcuna difficoltà.

Anche i tempi richiesti per le visite di manutenzione degli organi principali sono stati tuttavia, con l'adozione di attrezzature perfezionate, ridotti a valori modesti ottenendosi ad esempio su un motore del massimo diametro di eseguire la manutenzione di uno stantuffo in 5+6 ore e la visita di un cuscinetto in 3+4 ore.

Dalle tabelle 2 e 3, relative all'analisi dei costi di manutenzione di un motore 908 S da 20.000 BHP, si può rilevare il tempo richiesto per la manutenzione degli organi del motore ed i materiali necessari. Queste tabelle saranno richiamate anche in seguito nei capitoli relativi ai costi della manutenzione.

4) Costo della manutenzione

Parlare del costo della manutenzione in un trattato come questo che intende avere carattere eminentemente tecnico può sembrare fuori luogo, ma in realtà tutti gli accorgimenti, i miglioramenti, le nuove tecniche nella manutenzione hanno bensì come obiettivo quello di ridurre i tempi delle operazioni, di aumentare l'intervallo delle visite, di prolungare la vita dei vari organi, ecc. ma in definitiva devono risolversi in una riduzione dei costi globali della manutenzione.

È per tale motivo che noi riteniamo necessario illustrare anche questo aspetto del problema perché proprio attraverso di esso si possono meglio passare in rassegna le varie voci che hanno influenza nel campo della manutenzione.

Sul costo della manutenzione dei motori Diesel si trovano molte pubblicazioni che riportano una grandissima quantità di dati, purtroppo però a volte così differenti gli uni dagli altri da lasciare disorientato il lettore.

Noi crediamo che i dati forniti, pur nelle loro grandi differenze, siano corrispondenti al vero in quanto i tipi di motori Diesel, le loro dimensioni, le condizioni di impiego, i combustibili e gli olii usati, le modalità e le località dove vengono eseguiti i lavori ecc. possono giustificare le differenze segnalate.

Dato lo scopo ed il tema del presente trattato, noi ci limitiamo ad esaminare il costo della manutenzione per i motori Diesel di grande diametro sovralimentati, funzionanti a nafta da caldaie, che rappresentano la quasi totalità dei motori impiegati sulle grandi navi da una decina di anni a questa parte.

Nelle tabelle 2 e 3 si possono trovare tutte le voci fondamentali sia sotto il profilo della mano d'opera necessaria per l'esecuzione dei lavori e delle visite di manutenzione sia per i materiali che devono essere sostituiti o ricondizionati per un motore di grande diametro installato su una nave a servizio intenso (7.000 ore all'anno di moto).

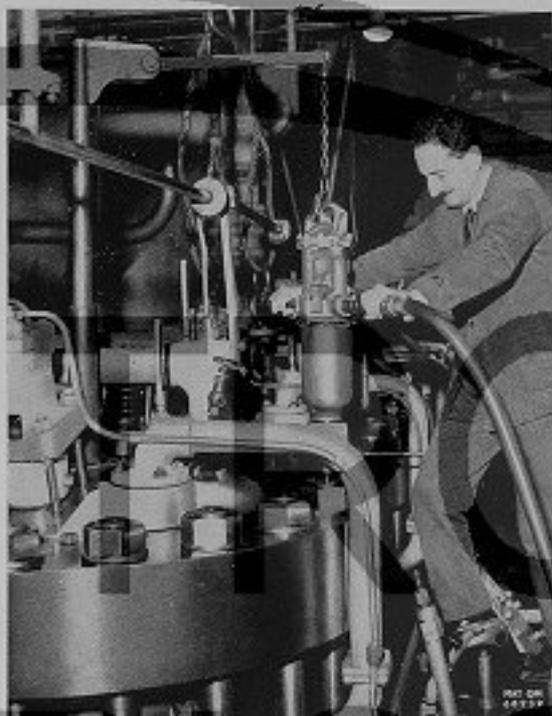


Fig. 10 - Operazione di avvitamento delle colonnette di serraggio di una testata con l'apposita attrezzatura

Passiamo ora in rassegna i vari elementi che influenzano sul costo della manutenzione.

a) Mano d'opera e attrezzature per i lavori di bordo

Occorre fare una considerazione preliminare e cioè che essendo generale la tendenza nel mondo del lavoro ad un aumento del costo della mano d'opera, è ovvio che si deve tendere per quanto possibile a ridurre le ore di lavoro che debbono essere impiegate nella manutenzione.

Questo significa in sostanza progettare i motori e le loro parti tenendo ben chiaro il principio che i lavori di manutenzione debbono poter essere eseguiti con la massima facilità e rapidità, oltre ad essere quanto più possibile distanziati nel tempo, com'è ovvio.

Parallelamente si deve pretendere dal Cantiere la disposizione più razionale del locale macchina con larga disponibilità di mezzi di sollevamento rapidi e sicuri, ampi paglioli rinforzati, un'officina attrezzata, ecc.

Chi è preposto all'organizzazione della manutenzione occorre che si preoccupi di avere disponibile a bordo una congrua dotazione di pezzi di rispetto e di attrezzature adatte per rendere rapido qualsiasi lavoro in modo da ridurre al minimo i tempi occorrenti.

Specie sui motori di maggiori dimensioni si deve disporre di attrezzature a comando pneumatico, meccanico od elettrico per gli smontaggi, i rimontaggi ed il maneggio dei vari particolari si da rendere non solo

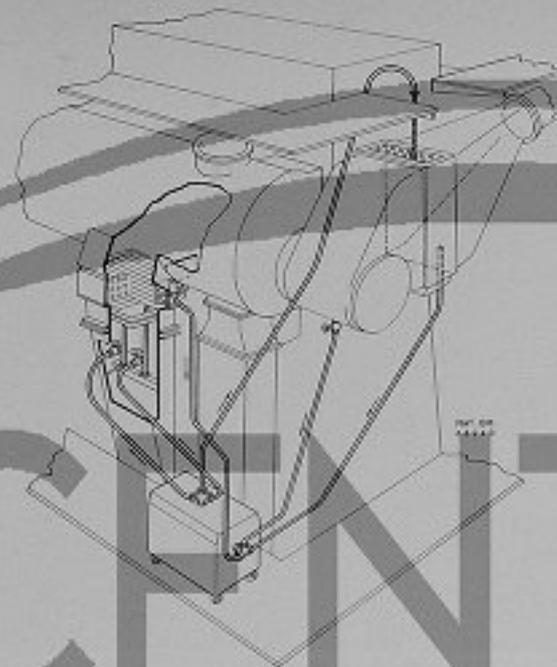


Fig. 11 - Disegno dimostrativo del funzionamento dell'attrezzatura in uso per la pulizia dei refrigeranti

rapido il lavoro, ma per ridurre al minimo la fatica degli operai, elemento fondamentale perché i lavori vengano eseguiti con precisione e continuità.

Il comando pneumatico si è dimostrato il più adatto per queste attrezzature sia perché garantisce la massima sicurezza sul lavoro, sia perché è di più facile impiego in quanto a bordo di tutte le navi esiste sempre disponibilità di aria compressa.

Chiavi pneumatiche vengono oggi impiegate correntemente per lo svitamento e l'avvitamento di tutti i dadi di medie e grandi dimensioni ed in particolare per le colonnette che chiudono le testate cilindro, per i dadi dello stantuffo, per la ripresa della bulloneria dell'incastellatura, ecc.

Nella figura 10 è rappresentata l'attrezzatura in uso per lo svitamento e l'avvitamento delle colonnette delle testate cilindro su un motore di grande diametro.

Attrezzature a comando oleodinamico vengono invece impiegate per la sostituzione delle camicie, per il serraggio delle colonne e per lo smontaggio ed il rimontaggio del dado dell'asta stantuffo e dei bulloni di bloccaggio dei cuscinetti di banco, testa biella e piede biella.

In ausilio alla gru principale di macchina, quando occorre, vengono oggi correntemente impiegati paranchi differenziali a comando pneumatico.

Macchine portatili dei tipi più svariati (smerigliatrici, spazzole rotanti, mole, ecc.) generalmente sempre a comando pneumatico, e solo in pochi casi a comando elettrico, vengono poi correntemente impiegate per i lavori di pulizia, di smerigliatura e di rettifica dei vari particolari che devono essere manutenzionati.

Apposite attrezzature costituite da pompe, serbatoi e tubazioni flessibili vengono poi impiegate normalmente per la pulizia dei refrigeranti, delle valvole di

lavaggio ed in genere di tutti i particolari soggetti a sporcamento con il tempo.

Nella figura 11 è rappresentata l'attrezzatura in uso per la pulizia dei refrigeranti su un motore di grande diametro.

Attraverso l'applicazione di tutti questi accorgimenti si è riusciti a ridurre gradualmente l'incidenza della mano d'opera direttamente impiegata nei lavori a bordo, tantoché oggi i tempi medi a bordo per le varie operazioni di manutenzione sono ridotti a meno della metà rispetto a circa dieci anni fa.

In definitiva l'incidenza del costo della mano d'opera impiegata per i lavori a bordo sul costo globale di manutenzione rappresenta oggi una percentuale intorno al 15% + 20% (costi europei).

Riteniamo ancora interessante fare un cenno sul personale che esegue i lavori di manutenzione in quanto esistono differenze notevoli tra i vari Paesi ed i vari Armatori a questo riguardo.

Da quanto abbiamo potuto constatare, la grande maggioranza dei lavori di manutenzione su un motore Diesel possono essere eseguiti direttamente dal personale di bordo e sono molte le navi, specie europee quando si trovano ad operare lontane dai paesi d'origine, dove praticamente tutti i lavori di manutenzione vengono eseguiti dal personale di bordo, ed alle Officine od ai Cantieri di terra si affida soltanto la riparazione di alcuni particolari (cuscinetti, ecc.).

Naturalmente se i lavori di manutenzione vengono eseguiti prevalentemente dal personale di bordo invece che dal personale di terra l'incidenza della mano d'opera sulle spese di manutenzione può risultare notevolmente ridotta.

b) *Influenza del numero e delle dimensioni dei cilindri*

Il costo di manutenzione dei motori si è constatato che varia notevolmente con il numero dei cilindri a parità di potenza sviluppata e cioè è tanto più basso quanto minore è il numero dei cilindri.

La cosa è abbastanza intuitiva anche in linea teorica, ma è bene precisare che vale essenzialmente se i motori confrontati sono di dimensioni e numero di giri dello stesso ordine di grandezza (ad esempio i motori dal \varnothing 680 al \varnothing 900), mentre conclusioni anche differenti potrebbero aversi confrontando motori di dimensioni e numero di giri molto diversi.

Una prima constatazione si riferisce al fatto che un cilindro delle stesse dimensioni sviluppa con la sovralimentazione potenze unitarie superiori anche del 100% a quelle del motore aspirato, mentre il costo della manutenzione è rimasto praticamente invariato.

Questo risultato naturalmente si è ottenuto attraverso vari miglioramenti e modifiche riguardanti il ciclo termico, i materiali, il raffreddamento, ecc.

Una seconda constatazione si riferisce alle dimensioni del cilindro.

Tenuto conto che i motori a due tempi di grande diametro sono oggi costruiti per sviluppare una pressione media effettiva all'incirca uguale indipendentemente dal diametro del cilindro, è ovvio che la potenza unitaria per cilindro cresce all'incirca con il quadrato del diametro, restando la differenza di corsa praticamente compensata dall'inversa proporzione con il numero dei giri.

Ora si è constatato che il costo della manutenzione per Cv di potenza si riduce apprezzabilmente con l'aumento del diametro dei cilindri e questo essenzialmente per la minore incidenza dei lavori a bordo, mentre resta praticamente costante l'incidenza dei ricambi.

È risultato infatti che le operazioni tipiche di manutenzione, come ad esempio sfilare uno stantuffo, visitare i cuscinetti, ecc. non richiedono un tempo notevolmente superiore in un motore \varnothing 900 rispetto ad uno \varnothing 750 purché naturalmente si disponga di mezzi di sollevamento e di attrezzature adatte.

Ora, poiché il cilindro del motore \varnothing 900 sviluppa una potenza di oltre il 50% superiore a quella del motore \varnothing 750, è risultato a conti fatti un'apprezzabile economia nei tempi di esecuzione dei lavori a bordo e quindi nei costi di manutenzione.

In definitiva dai risultati economici noi abbiamo visto che per i motori di grande diametro sovralimentati si hanno oggi costi di manutenzione per Cv che sono circa la metà di quelli che si avevano una decina di anni or sono con i motori aspirati.

Il risultato è tanto più importante se si considera che in generale i costi dei materiali e specialmente della mano d'opera sono notevolmente aumentati negli ultimi anni.

Per obiettività non bisogna però dimenticare che parte non trascurabile in questa riduzione dei costi di manutenzione è merito anche dell'adozione su scala sempre maggiore degli olii anticorrosivi per la lubrificazione dei cilindri i quali tra l'altro hanno facilitato il raggiungimento ed il mantenimento di potenze elevate continuative in esercizio con nafta da caldaie, risultato non facilmente ottenibile con gli olii minerali puri.

c) *Influenza dell'impiego della nafta da caldaie*

La totalità dei motori FIAT di grande diametro destinati alla propulsione delle navi funziona con nafta da caldaie e pertanto si può dire che i risultati ottenuti si riferiscono unicamente a condizioni di esercizio con tale tipo di combustibile.

In base però ai confronti fatti in precedenza, che sono stati anche pubblicati in diversi articoli, oggi



Fig. 12 - Centrale di telecomando della M/n "Esquilino".

abbiamo elementi per affermare che la differenza nei costi di manutenzione tra un motore impiegante nafta da caldaie ed un altro impiegante Diesel Oil, a parità di condizioni di esercizio, si è ulteriormente ridotta e non supera complessivamente il 10%.

Infatti nei motori FIAT con separazione netta fra cilindro e carter gli unici organi del motore influenzati in misura apprezzabile dall'impiego della nafta da caldaie sono le camicie, gli stantuffi e le fasce elastiche nei quali l'adozione di materiali di caratteristiche migliori, il perfezionamento nei sistemi di raffreddamento e l'adozione degli olii anticorrosivi hanno permesso di contenere le usure in valori poco differenti da quelli ottenibili con l'impiego del Diesel Oil ed in ogni caso molto più bassi di quanto non si riscontrasse fino a circa una decina di anni fa.

A questo risultato ha però contribuito in misura notevole anche la sovralimentazione la quale fornisce al motore una quantità di aria proporzionalmente maggiore di quanto non sia l'aumento di potenza conseguito, consentendo così di ottenere un'ottima combustione anche con i peggiori combustibili a vantaggio non solo dei consumi di nafta, ma anche delle usure delle parti interessate.

Anche per quanto riguarda il trattamento della nafta da caldaie, l'adozione su vasta scala di depuratori del tipo autopulitore e negli ultimi tempi l'introduzione dell'automazione nel servizio depurazione nafta, hanno permesso di ridurre l'impiego della mano d'opera a valori molto bassi.

In relazione a quanto sopra da molti anni ormai i nostri contratti di manutenzione vengono stipulati ad un prezzo per Cv esattamente uguale qualunque sia il tipo di combustibile impiegato sul motore per il quale noi garantiamo l'uso di nafta da caldaie delle peggiori qualità.

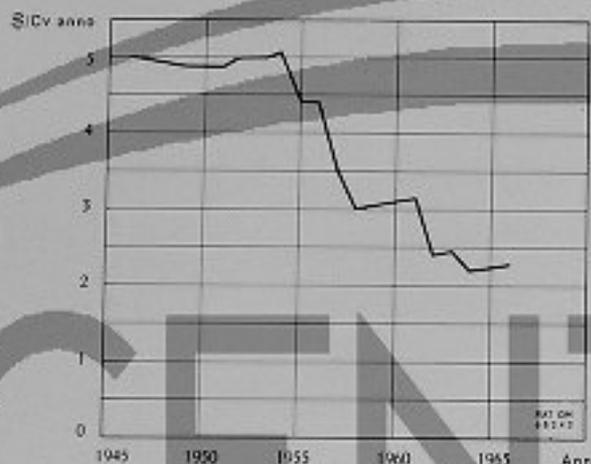


Fig. 13 - Variazione del costo di manutenzione in funzione del tempo dei motori a 2 tempi di grande diametro funzionanti con nafta da caldaie

d) Influenza dell'automazione

Riteniamo interessante un cenno anche sull'influenza che può avere sui tempi e sui costi di manutenzione l'adozione di comandi centralizzati ed automatici per la condotta dei motori e dei relativi servizi.

Nella figura 12 è rappresentata la centrale di telecomando dell'apparato motore FIAT B.758 S della M/n «ESQUILINO», cargo-liner da 10.000 TDW e velocità di 19 nodi. La centrale è isolata acusticamente e termicamente e opportunamente condizionata.

Dobbiamo premettere che l'esperienza in questo campo è ancora limitata dal momento che solo da poco tempo si è iniziato a dotare su larga scala gli apparati motori di questi dispositivi, ma poiché l'argomento è vivamente dibattuto e forse suscita speranze che può darsi vacano oltre alla realtà nei riguardi dei vantaggi per la manutenzione, esponiamo le nostre considerazioni al riguardo.

Occorre per intanto tenere presente che malgrado si parli in linea generale di automazione, la maggior parte delle applicazioni a bordo finora realizzate consistono essenzialmente in una centralizzazione dei comandi con largo impiego di dispositivi di allarme, mentre l'automazione vera e propria è limitata a qualche comando (ad esempio l'avviamento del motore) oppure a servizi singoli (ad esempio servizio trattamento nafta da caldaie, depurazione olio, vapore, ecc.).

Stando così le cose — ed a nostro giudizio è bene andare cauti nell'estendere l'automazione in questo campo dove occorre garantirsi un coefficiente di sicurezza altissimo — esaminiamo quali possono essere i vantaggi ed anche gli svantaggi nei riguardi della manutenzione.

— L'adozione su vasta scala di dispositivi di controllo e di allarme atti ad accertare in ogni momento il regolare comportamento degli organi principali

del motore (dispositivi per il controllo continuo della combustione e pressioni nei cilindri, analizzatori dei vapori di olio nel carter, rilevatori delle temperature dei cuscinetti, ecc.) fa sì che si possa evitare il verificarsi di danni gravi in qualche parte del motore con evidente vantaggio per la regolarità del servizio ed i costi di manutenzione, potendosi intervenire tempestivamente non appena si nota qualche anomalia.

È bene tuttavia tenere presente che anche i controlli usuali finora adottati, se si dispone di personale di macchina capace ed attento, hanno già ridotto a evenienze del tutto eccezionali il verificarsi di avarie, naturalmente se i motori sono progettati e costruiti con quel largo margine di sicurezza che è richiesto per macchine marine a servizio intenso.

Sui motori FIAT ad esempio non si è mai avuto finora un caso di esplosione nel carter anche se solo recentemente è entrato nell'uso l'applicazione di analizzatori di vapori dell'olio ed il rilievo continuo delle temperature dei cuscinetti.

L'impiego di telecomandi che fanno capo ad una centrale e l'automazione di alcuni servizi, come ad esempio quello della nafta da caldaie che richiede un certo impegno di mano d'opera, sono indubbiamente vantaggiosi per il minore impiego di personale di guardia e di servizio, personale che può perciò essere utilmente impiegato per altri scopi fra cui la manutenzione corrente nel corso della navigazione, risultando per ora non possibile ridurre tale personale al di sotto di certi limiti per motivi sindacali o di organico legale. In un secondo tempo si potrà certamente arrivare ad una diminuzione sensibile del personale di macchina.

L'installazione a bordo di tutti questi dispositivi di costruzione abbastanza complicata può creare nuovi problemi per la loro manutenzione, dal momento che bisogna garantirne un'efficienza sicura perché altrimenti si possono correre gravi rischi.

È indubbio infatti che l'esistenza di dispositivi di controllo automatico per la condotta ed il rilievo del comportamento delle varie parti del motore crea per forza di cose un allentamento nello spirito di vigilanza del personale di bordo e perciò se qualche apparecchiatura funziona male o va fuori uso, il pericolo è maggiore che se non ci fosse.

La manutenzione dei dispositivi richiede poi personale altamente specializzato trattandosi di apparecchiature di alta precisione ed indubbiamente delicate.

In definitiva noi vediamo dei vantaggi non trascurabili per la manutenzione con l'adozione di sistemi centralizzati ed in parte automatizzati per i dispositivi

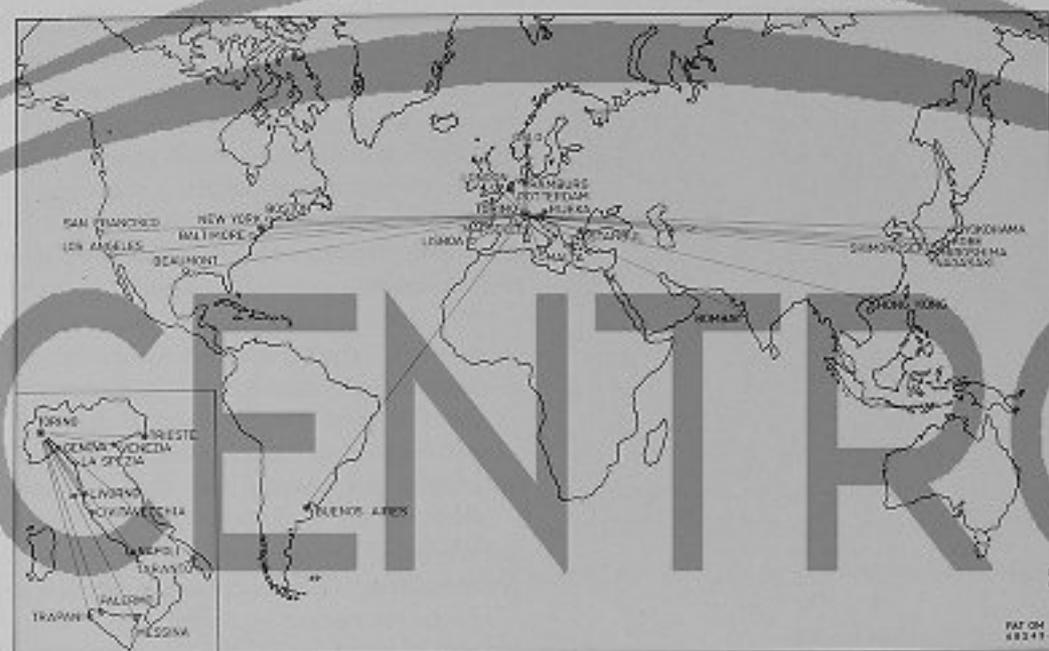


Fig. 14 - Organizzazione di assistenza FIAT Grandi Motori nel mondo

di controllo della condotta dei motori, ma riteniamo si debba essere prudenti nell'estenderne l'impiego, almeno fino a quando non si possa essere assolutamente sicuri dell'efficienza costante dei dispositivi impiegati.

c) *Variazione nel tempo del costo della manutenzione*

In base alle statistiche compilate regolarmente dal Servizio di Assistenza Tecnica e manutenzione della FIAT abbiamo ricavato un grafico (fig. 13) dove sono riportate le variazioni intervenute negli ultimi venti anni nel costo di manutenzione dei motori Diesel a due tempi di grande diametro funzionanti a nafta da caldaie.

Come si può constatare, il costo della manutenzione per Cv e per anno si è ridotto in questo periodo a meno della metà malgrado i forti aumenti intervenuti nel costo della mano d'opera (il costo dell'ora-operaio è aumentato in Italia mediamente di circa il 200% negli ultimi quindici anni).

Per una chiara interpretazione del grafico si deve osservare:

- Il costo della manutenzione si riferisce a motori FIAT di grande diametro installati su navi con servizio piuttosto intenso e cioè con un numero di ore annue di funzionamento compreso tra 6.000 e 7.000.
- I costi indicati si riferiscono alla mano d'opera ed ai materiali impiegati nella manutenzione e non tengono conto di alcune spese accessorie come ad esempio le spese per il finanziamento delle scor-

te di ricambi, le spese doganali e di trasporto dei materiali, oneri fiscali, ecc. che possono variare da caso a caso e da Paese a Paese.

Questi oneri comunque non rappresentano mediamente una percentuale importante e possono influire sul costo della manutenzione per un 10-15%. Il costo della mano d'opera è riferito ai costi medi dell'ora-operaio FIAT in Italia, costi che corrispondono con buona approssimazione al livello medio Europeo.

- Negli anni dal 1946 al 1954 il costo della manutenzione è rimasto praticamente costante e intorno ai 5 dollari per Cv e per anno in quanto i miglioramenti introdotti nella costruzione dei motori e nelle attrezzature per i lavori hanno appena compensato il forte aumento nel costo della mano d'opera in quel periodo.
- A partire dall'anno 1954 si ha una prima riduzione sensibile nei costi della manutenzione derivante essenzialmente dalla comparsa sul mercato degli olii anticorrosivi per la lubrificazione dei cilindri che hanno abbassato drasticamente le usure delle camicie e delle fasce elastiche con la nafta da caldaie e la frequenza delle visite degli stantuffi. La riduzione media nei costi di manutenzione è risultata superiore al 10%.
- A partire dall'anno 1956, con l'applicazione della sovralimentazione, si è avuta una fortissima riduzione nei costi di manutenzione unitari per i motivi già esposti, riduzione che ha portato il costo per Cv e per anno da circa 4,5 a 3 dollari.

È quindi seguito un periodo di alcuni anni a costi della manutenzione leggermente crescenti per l'aumento nel costo della mano d'opera, mentre per motivi prudenziali la potenza dei motori sovralimentati è rimasta praticamente costante in attesa di una maggior esperienza.

- A partire dall'anno 1961 si sono avuti contemporaneamente la comparsa dei nuovi motori di grandissimo diametro e l'aumento nella potenza sviluppata dai tipi di motori già esistenti in base all'esperienza acquisita ed a miglioramenti introdotti e pertanto si è avuta una nuova riduzione nei costi di manutenzione unitari che sono scesi in un primo tempo a circa 2,5 dollari per Cv e per anno e successivamente ancora di un 10%.

Negli ultimi anni, di fronte a nuovi forti aumenti nel costo della mano d'opera sono stati introdotti metodi ed attrezzature più perfezionate per la manutenzione che hanno permesso di compensare il maggior costo della mano d'opera, mantenendo praticamente costante il costo unitario della manutenzione.

Attendiamo ora di vedere nei prossimi anni i vantaggi ottenibili, e quindi eventuali ulteriori riduzioni nel costo della manutenzione, da una razionale applicazione dell'automazione e l'entrata in servizio dei nuovi tipi di motori.

5) *Cenno sull'organizzazione di assistenza tecnica e manutenzione della FIAT*

Come già accennato all'inizio della relazione, la FIAT Grandi Motori dispone di una organizzazione per l'assistenza tecnica e la manutenzione dei macchinari da essa prodotti molto vasta e sviluppata sul piano mondiale.

Questa organizzazione ha avuto inizio oltre quarant'anni fa, e cioè nei tempi in cui il motore Diesel marino muoveva i primi passi, e si è venuta via via ingrandendo e perfezionando fino a raggiungere le dimensioni odierne che garantiscono non solo l'assistenza nei principali porti Italiani ed Europei, ma anche in molti altri porti nel resto del mondo.

La figura 14 dà un'idea dello sviluppo della rete di assistenza della FIAT Grandi Motori.

Il motivo per cui il Servizio di Assistenza della FIAT è nato e si è poi sviluppato in modo così esteso non è solo quello di fornire il personale specializzato

ed i ricambi necessari per la manutenzione dei motori, ma anche per creare una fonte di informazioni tecniche di prima mano sui risultati di esercizio delle macchine e trarne quindi, anche attraverso metodi statistici rigorosi, tutti gli insegnamenti possibili per il continuo miglioramento della produzione.

L'organizzazione di assistenza della FIAT è perciò costituita non solo da officine dislocate nei porti, da depositi ricambi e da personale specializzato per l'esecuzione dei lavori di manutenzione, ma anche da tecnici altamente qualificati dislocati sia nelle basi periferiche sia presso la casa madre di Torino che hanno il compito di raccogliere, vagliare e catalogare tutte le notizie di carattere tecnico riguardanti il comportamento delle macchine nei loro vari organi.

Un'apposita branca del Servizio di Assistenza è poi destinata alla raccolta dei dati di esercizio e manutenzione sotto il punto di vista economico in modo da ottenere un quadro completo dei risultati della manutenzione.

Per la raccolta di tutti questi dati la FIAT è grandemente facilitata da una particolare forma di collaborazione con gli Utenti delle proprie macchine che si traduce in un contratto a forfait per l'assistenza tecnica e la manutenzione delle macchine stesse.

Questo speciale tipo di contratto, che crediamo rappresenti una forma caratteristica dell'assistenza prestata dalla FIAT ai propri Clienti e che probabilmente non ha l'uguale presso le altre grandi Case costruttrici di motori, comprende l'assistenza tecnica vera e propria a mezzo di tecnici specializzati, la fornitura dei ricambi e quella del personale per i lavori di manutenzione per un ammontare annuo prefissato di entità che riteniamo modesto.

Si tratta in sostanza di una forma di assicurazione che il Cliente contrae con la FIAT la quale gli garantisce tutto ciò che occorre per il regolare esercizio della nave, impegnandosi pure ad eseguire i lavori nei tempi e nei modi richiesti dalle esigenze di servizio.

Contratti di questo genere sono in vigore per oltre ottanta navi e diversi impianti terrestri costituiti sia da motori che da turbine a gas.

Naturalmente l'organizzazione di Assistenza e manutenzione della FIAT si occupa, a richiesta, anche dei lavori su tutte le altre navi e gli impianti forniti di macchine FIAT ed a titolo indicativo nell'anno 1967 sono stati eseguiti complessivamente 1.277 lavori di manutenzione su navi dotate di apparato motore FIAT.

Ing. R. Thomas - Direttore delle Centrali Elettriche dei Cementifici della Soc. Loma Negra di Buenos Aires - Argentina.
Per cortese concessione dell'Autore si pubblica questa memoria presentata alla « Gas Turbine Conference and Products Show » dell'ASME, di Houston, Tex., 5-9 Marzo 1967.

Descrizione ed esperienza di funzionamento di tre turbine a gas a ciclo rigenerativo installate in una fabbrica Argentina di cemento Portland

Ing. R. Thomas

L'Autore passa in rassegna i dati di servizio di tre gruppi turbine a gas installati in due stabilimenti per la fabbricazione di cemento Portland appartenenti alla Sua Società. È fatto un breve cenno alle precedenti fonti di energia degli stabilimenti e sono indicate le ragioni per cui si sono adottate le turbine a gas. Si fanno rilevare i notevoli vantaggi economici ottenuti con il passaggio alle turbine e si descrive il piano di ammortamento del rigeneratore.

Nel 1928 la Società dell'Autore iniziò la fabbricazione di cemento Portland in Argentina, con un piccolo forno, in Olavarría, provincia di Buenos Aires.

L'energia elettrica per questo stabilimento era fornita da una centrale privata, capace di erogare una potenza di 2500 kW, che impiegava motori Diesel, come macchine termiche. Nel 1958, in seguito a successivi ampliamenti, la potenza della centrale raggiunse 11.000 kW, sempre funzionando con motori Diesel.

Tre anni prima, nel 1955, la Società aveva costruito a Barker, a 70 miglia di distanza dal primo, un nuovo modernissimo stabilimento per la produzione del cemento. Anche per questo la centrale di autoproduzione, avente una potenza di 7000 kW, era dotata di motori Diesel, che a quel tempo, erano considerati le più convenienti macchine termiche per centrali fino a 20.000 kW.

Nel 1959 in entrambi gli stabilimenti fu possibile utilizzare il gas naturale per cui si provvide a trasformare convenientemente i forni da cemento. In entrambe le centrali si provvide pure a trasformare i motori Diesel per il funzionamento a combustibile gassoso. Nello stesso tempo essendo in programma importanti ampliamenti dello stabilimento di Barker e poiché i costi di funzionamento dei vecchi motori Diesel erano in continuo aumento per il costo della mano d'opera e delle parti di ricambio, si calcolò che il costo dell'energia prodotta potesse essere ridotto circa del 35% usando, come macchine termiche, turbine a gas in gruppi da 5000 ÷ 6000 kW ciascuno, in sostituzione dei motori Diesel funzionanti a gas. La scelta delle turbine a gas fu determinata essenzialmente dal fatto che i motori richiedevano, per il potenziamento della centrale, sensibili investimenti negli impianti di raf-

freddamento e di trattamento dell'acqua, mentre l'impianto esistente era sufficiente per le turbine a gas, in considerazione del ridottissimo consumo d'acqua di queste ultime.

Descrizione delle turbine

Furono scelte turbine a ciclo rigenerativo, allo scopo di ridurre i costi di esercizio e di aumentare il rendimento mediante il recupero parziale del calore contenuto nei gas di scarico.

L'ampliamento dello stabilimento di Barker imponeva una potenza supplementare di circa 11.500 kW che, in relazione ai diagrammi della domanda di energia prevista, era conveniente dividere in due gruppi.

Fu passato alla FIAT Grandi Motori, Italia, un ordine per due turbine a gas monoasse tipo TG500 R a ciclo rigenerativo da 5850 kW, costruite su licenza Westinghouse. Le turbine hanno velocità di 5740 giri/min. e sono collegate, per mezzo di un riduttore, ad un alternatore trifase da 3000 giri/min, 50 cicli, 3000 volt, 9000 kW. I compressori hanno 16 stadi, con un rapporto di compressione da 1 a 6 mentre le turbine hanno 5 stadi. Sei camere di combustione sono disposte conicamente attorno al rotore. Il corpo del combustore è diviso in due scompartimenti che permettono all'aria compressa, proveniente dal compressore, di essere inviata al rigeneratore dove la sua temperatura aumenta da circa 270° a 388 °C (i rigeneratori sono costruiti dall'American Pre-Heater Company). Tali rigeneratori sono stati provvisti di by-pass e camini ausiliari di scarico che rendono possibile l'esclusione dei rigeneratori stessi ed il funzionamento a ciclo semplice delle turbine in caso di avaria o di lavori di manutenzione. L'esperienza ha tuttavia di-

- 1 - Forno da cemento N. 1
- 2 - Forno da cemento N. 2
- 3 - Molini per cemento
- 4 - Molini per malta liquida
- 5 - Silos di malta liquida
- 6 - Vasche di malta liquida
- 7 - Magazzini spedizioni
- 8 - Ufficio riparazioni
- 9 - Ufficio tecnico
- 10 - Laboratorio
- 11 - Magazzino
- 12 - Ufficio amministrativo
- 13 - Silos di cemento
- 14 - Deposito Klinker
- 15 - Frantoi secondari
- 16 - Frantoi primari
- 17 - Torre di raffreddamento
- 18 - Vasche acqua dolce
- 19 - Vasca acqua dura
- 20 - Serbatoi combustibile
- 21 - Centrale elettrica
- 22 - Motori Diesel
- 23 - Turbine FIAT TG 500 R
- 24 - Rigeneratori
- 25 - Filtri aria e silenziatori
- 26 - Compressori



Fig. 1 - Pianta generale e vista panoramica del cementificio di Barker con 2 turbine FIAT tipo TG 500 R

mostrato che tali by-pass non sono indispensabili, perché, finora, non si sono verificate avarie e non sono stati necessari lavori di manutenzione.

Entrambe le turbine possono funzionare sia con combustibile distillato sia con gas naturale, ma in realtà sono sempre state alimentate a gas che è molto più economico. L'impianto per combustibile distillato è stato previsto per impiego in caso di emergenza.

Nel 1962 lo stabilimento di Olavarría fu ampliato e la Società ordinò alla FIAT Grandi Motori un terzo gruppo, del tutto simile a quelli di Barker, ma senza i by-pass per il rigeneratore. Questa turbina è anche sprovvista di impianto per funzionamento con combustibile liquido, e può quindi soltanto essere alimentata con gas. Una pianta generale ed una vista panoramica del cementificio di Barker è riportata nella figura 1, mentre la figura 2 illustra lo stabilimento di Olavarría.

Le figure 3 e 4 rappresentano le rispettive installa-

zioni delle turbine e la figura 5 il rigeneratore di Olavarría.

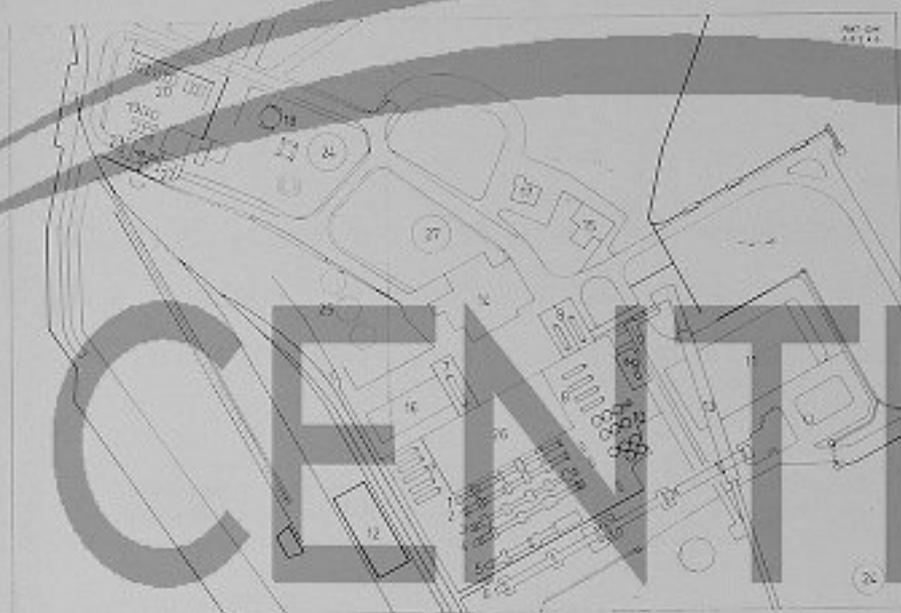
Prestazioni delle turbine

Un'idea delle prestazioni di esercizio dei tre gruppi è data dalla tabella 1 nella quale sono indicate le ore di funzionamento per un periodo di tre anni, a cominciare dal luglio 1963, data in cui il gruppo di Olavarría cominciò a funzionare a pieno carico.

I valori ed i coefficienti sono stati calcolati sulle basi seguenti:

Fattore di utilizzazione: la percentuale delle ore totali effettive di funzionamento di ciascun gruppo in questo periodo, in rapporto alle ore totali in tre anni.

Fattore di disponibilità: la percentuale di ore in cui ciascun gruppo era funzionante o disponibile per funzionamento in questo periodo, in rapporto alle ore totali in tre anni.



- 1 - Forno di cemento N. 1
- 2 - " " " " N. 2
- 3 - " " " " N. 3
- 4 - " " " " N. 4
- 5 - " " " " N. 5
- 6 - " " " " N. 6
- 7 - Mulini per cemento
- 8 - Mulini per malta liquida
- 9 - Compressori
- 10 - Silos di malta liquida
- 11 - Vasche di malta liquida
- 12 - Magazzino spedizioni
- 13 - Teleferica dalla cave
- 14 - Officina riparazioni e ufficio tecnico
- 15 - Laboratorio
- 16 - Magazzino
- 17 - Ufficio amministrativo
- 18 - Torre di raffreddamento
- 19 - Centrale elettrica
- 20 - Motori Diesel
- 21 - Turbina FIAT TB 500 R
- 22 - Riparatore
- 23 - Filtro aria e silenziosa
- 24 - Vasche acqua dolce
- 25 - Serbatoi combustibile
- 26 - Deposito Klinker
- 27 - Vasca acque dure

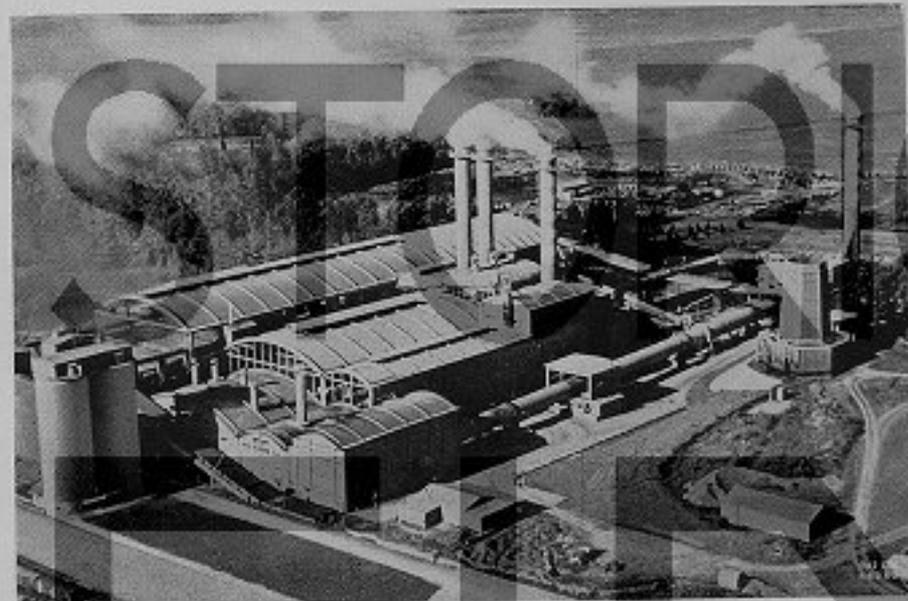


Fig. 2 - Olavarría: pianta generale e vista panoramica dello Stabilimento

Fattore di sicurezza: la percentuale di ore di fermata non previste dedotta dalle ore totali nel periodo di tre anni, in rapporto alle ore totali in tre anni. Questo fattore dà un'idea del programma di produzione che può essere svolto con queste macchine.

Si deve rilevare che la capacità produttiva della centrale di Olavarría in rapporto alla produzione del cementificio è molto più bassa di quella di Barker. Grazie ad una maggior facilità di trasporti, la fabbrica di cemento di Olavarría lavora praticamente al cento per cento della sua potenzialità, mentre quella di Barker funziona solo al 60% della sua piena potenzialità. Perciò la turbina di Olavarría è sempre stata utilizzata in modo più intenso. Per questa stessa ragione i lavori di manutenzione e di revisione programmata di questo gruppo sono sempre stati fatti in un più breve periodo di tempo utilizzando doppi turni e lavoro straordi-

nario. Ciò spiega il maggior numero di ore di manutenzione dei gruppi di Barker rispetto a quello di Olavarría. I fattori di sicurezza dei tre gruppi non hanno bisogno di commenti e dimostrano che queste turbine danno veramente pieno affidamento.

La tabella 2 riporta il valore dell'energia elettrica prodotta in tre anni in entrambe le centrali, sia con le turbine a gas che con i motori Diesel trasformati per il funzionamento a gas.

Nella figura 6 sono rappresentati il diagramma del carico medio, il consumo specifico di calore, l'energia elettrica prodotta, la temperatura media ambiente ed il costo per kWh prodotto, della turbina di Olavarría. Su una linea orizzontale, sotto questi valori, sono indicate le fermate della turbina, rappresentate da tratti neri verticali. L'ampiezza di ciascuno di questi tratti è proporzionale al numero di ore di fermata. Questi va-

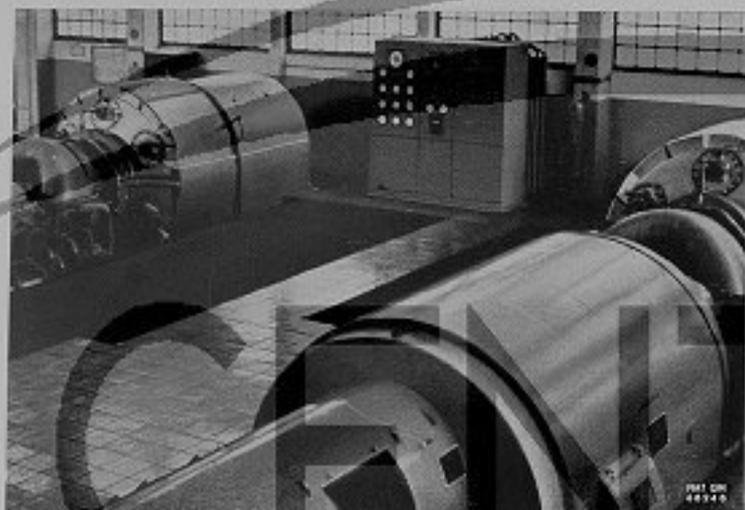


Fig. 3 - Installazione delle turbine TG 500 R nel cementificio di Barker

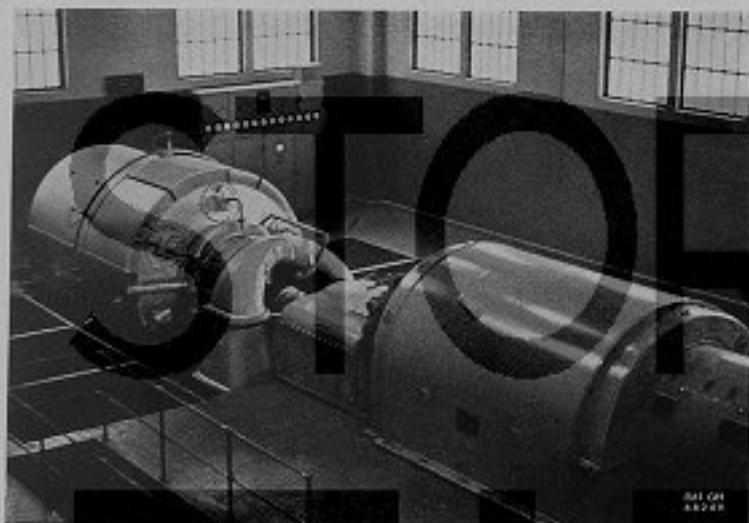


Fig. 4 - Installazione della turbina TG 500 R nel cementificio di Olavarría



Fig. 5 - Cementificio di Olavarría. Vista del rigeneratore

Tabella 1 - Prestazioni delle tre turbine a gas di Barker e Olavarría durante il periodo triennale dal luglio 1963 al giugno 1966

TURBINE	Barker 1° gruppo	Barker 2° gruppo	Olavarría	
Ore in 3 anni	H1	26.300	26.300	26.300
Ore di funzionam. effettivo	H2	11.979	17.468	23.763
Ore di fermata non previste	H3	96	63	48
Ore di manutenzione previste	H4	1.104	2.482	973
Ore di fermata per altre ragioni *	H5	13.125	6.291	1.520
Fattore di utilizzazione %	$\frac{H2}{H1} \cdot 100$	45,54	66,40	90,34
Disponibilità %	$\frac{H1 - (H3 + H4)}{H1} \cdot 100$	95,43	90,32	96,12
Sicurezza %	$\frac{H1 - H3}{H1} \cdot 100$	99,63	99,77	99,82

* Comprende le ore di fermata dei gruppi a causa di mancata domanda di energia da parte degli stabilimenti, ed anche a causa di scarsità di combustibile durante la stagione fredda.

lori si riferiscono alla turbina di Olavarría, la quale è presa come esempio in considerazione del suo elevato fattore di utilizzazione.

Manutenzione

Filtraggio dell'aria e pulizia del compressore

Il progetto delle centrali di entrambi gli stabilimenti era stato a suo tempo elaborato per l'installazione di motori Diesel, e quindi non erano state considerate particolari necessità di ubicazione delle stesse; in quel

Tabella 2 - Produzione di energia elettrica nelle centrali di Barker e Olavarría dal luglio 1963 al giugno 1966

CENTRALI		Barker	Olavarría
Motori * Diesel	Potenza kW	7.000	11.400
	Energia prodotta kWh	57.270.500	103.263.780
	% dell'energia totale	28,4	44,9
Turbine a gas	Potenza kW	11.700	5.850
	Energia prodotta kWh	144.435.000	126.600.000
	% dell'energia totale	71,6	55,1
Totale	Energia prodotta kWh	201.705.500	229.863.780

* Trasformati per funzionamento a gas.

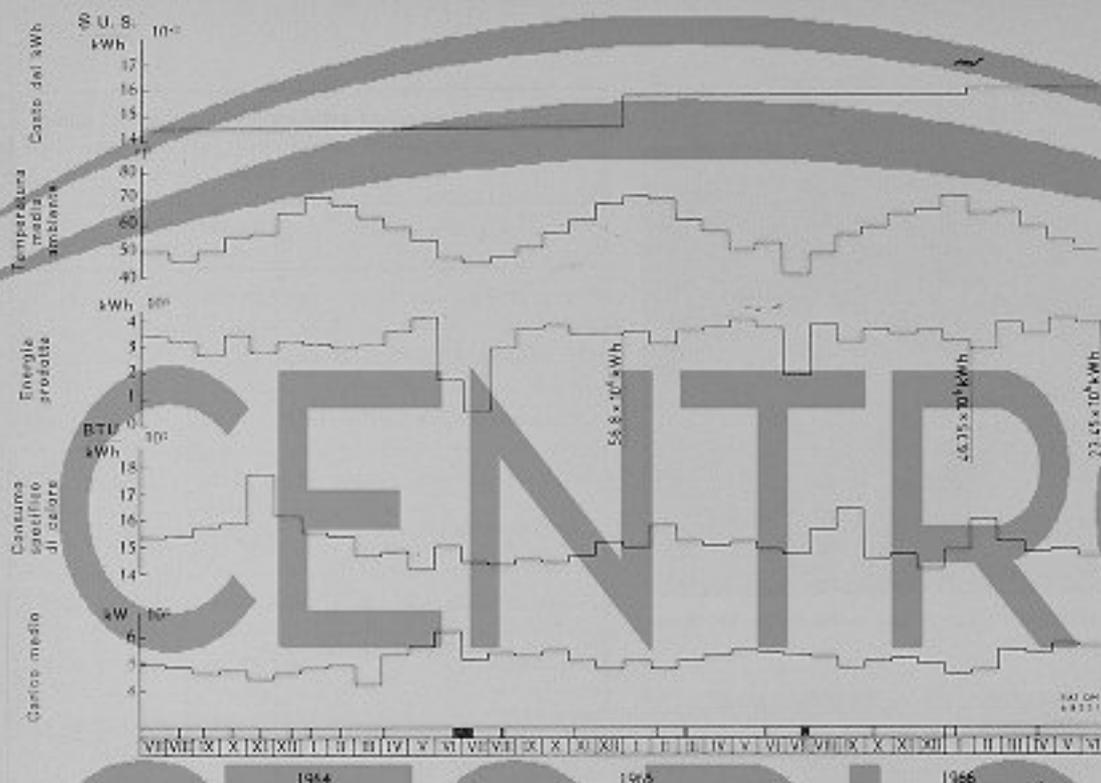


Fig. 6 - Carico medio, consumo specifico di calore, energia prodotta, temperatura media ambiente e costo del kWh nel periodo di funzionamento dal luglio 1963 al giugno del 1966 per la centrale di Olavarria

periodo infatti le turbine a gas non erano ancora considerate come macchine termiche competitive con i Diesel. Poiché la portata di aria di questi ultimi è considerevolmente inferiore a quella delle turbine, non si diede soverchia importanza al problema della presenza nell'aria di elevate quantità di polvere di cemento, tanto più che con i motori Diesel il filtro e la presa d'aria possono essere installati nella sala macchine. Le centrali erano quindi situate quanto più possibile vicino ai centri di utilizzazione dell'energia in modo da ridurre i costi delle linee di trasmissione. Quando si decise l'acquisto delle turbine a gas, si esaminò se non fosse più conveniente installarle in una sala macchine separata, più distante dall'aria polverosa della zona, ma questo progetto fu scartato perché le centrali separate avrebbero comportato un notevole aumento dei costi di esercizio come pure un considerevole investimento nelle linee di trasmissione.

Prevalse infine la decisione di installare un filtro aria autopulitore di opportune dimensioni, tipo « multy-duty », con pannelli in movimento continuo, puliti per immersione in bagno d'olio, di costruzione dell'American Air Filter Company. Poco dopo la messa in servizio si notò che la polvere si depositava sui pannelli del filtro più rapidamente di quanto il bagno d'olio fosse in grado di asportare e di conseguenza il filtro si otturava producendo una elevata depressione all'aspirazione e conseguentemente una perdita di potenza della turbina. Le prove eseguite dimostrarono

che l'olio con viscosità SAE 40 che veniva usato per il bagno d'olio, non aveva un effetto solvente sufficiente per asportare la polvere dai pannelli. Si provò allora un olio con viscosità SAE 20 ottenendo una buona pulizia, però, avendo quest'olio una minore adesività, si verificava un maggior passaggio di polvere attraverso il filtro. Era evidente che, per ottenere il miglior risultato, l'olio avrebbe dovuto avere una bassa viscosità nel bagno ed una alta viscosità sui pannelli esposti al passaggio dell'aria. Ciò si ottenne riscaldando il bagno d'olio con riscaldatori elettrici da 12 kW, e mantenendo una temperatura minima di 71 °C nel bagno. Venne usato olio con viscosità SAE 40 il quale viene raffreddato in modo pressoché istantaneo, appena lascia la vasca, dall'aria che passa attraverso il filtro.

Inoltre il filtro aria venne circondato da una camera a forma di camino ed avente la presa d'aria ad una altezza di 10,7 metri sopra il livello del terreno.

Con queste modifiche (riscaldamento del bagno di olio del filtro ed innalzamento della presa d'aria) si ottenne un soddisfacente filtraggio dell'aria e si allungarono convenientemente gli intervalli tra le pulizie dei compressori.

L'esperienza acquisita con il funzionamento delle turbine in queste condizioni dimostrò che, per ottenere una elevata potenza ed il miglior rendimento, è necessario pulire il compressore ogni 500 ore. Ciò elimina ogni deposito aderente alle palette del compressore, deposito formato dalla polvere che riesce a pas-

sare attraverso il filtro aria e si mescola con piccole quantità di vapori d'olio che si dissolvono nel flusso dell'aria stessa. Per effettuare tale pulizia è necessario raffreddare il gruppo, e poi, funzionando a bassa velocità con il motore elettrico di avviamento, iniettare circa 450 litri di acqua calda e detergente; infine risciacquare con circa la stessa quantità di acqua fredda pulita. Nelle turbine a ciclo rigenerativo, il raffreddamento del gruppo è molto lento a causa della elevata capacità termica del rigeneratore, il cui peso è di circa 80 tonnellate e la temperatura di funzionamento di circa 400 °C. In queste condizioni si impiegano circa 30-35 ore, a seconda della temperatura ambiente, per effettuare una pulizia del compressore. Ciò significa che circa il 5-7% del tempo disponibile delle turbine è impiegato per la pulizia del compressore.

Dopo alcune prove con diversi metodi di pulizia, sono stati ottenuti ottimi risultati iniettando, per mezzo di aria compressa e per la durata di 5 minuti, circa 25 kg di riso nell'aspirazione del compressore, mentre la macchina funzionava a velocità normale ed a pieno carico. Questo metodo di pulizia non è efficace come il lavaggio con detergente, però mantiene la potenza del gruppo e prolunga gli intervalli tra le pulizie per mezzo di liquido.

Attualmente si effettua una pulizia con 25 kg di di riso ogni 250-300 ore, a seconda dell'inquinamento dell'aria ambiente.

Un aumento della velocità di raffreddamento del gruppo si è ottenuto mediante l'aria fatta circolare dal compressore mantenuto in rotazione alla velocità di 900 giri/min. per mezzo del motore elettrico di avviamento. Per evitare un eccessivo riscaldamento di quest'ultimo durante la sua prolungata utilizzazione, si è provveduto al suo raffreddamento con circolazione forzata di aria a mezzo ventilatori; analogo mezzo è stato pure utilizzato per il raffreddamento delle resistenze rotoriche del motore di avviamento.

Con questo sistema il tempo necessario per il raffreddamento del gruppo turbina-rigeneratore si è ridotto a circa 3 ore.

La pulizia per mezzo di liquido può anche essere fatta in modo continuo senza intervallo per il raffreddamento, e l'avviamento può essere fatto immediatamente dopo la pulizia. Attualmente la pulizia per mezzo di liquido viene fatta in circa 12 ore; ciò significa che la pulizia del compressore richiede solo lo 0,5% del tempo disponibile del gruppo.

Inconvenienti riscontrati durante il servizio nel periodo triennale dal luglio 1963 al giugno 1966

Durante questi tre anni si sono verificati alcuni inconvenienti nei gruppi ai quali è stato posto rimedio talvolta dai tecnici di Loma Negra ed altre volte con l'intervento del personale tecnico predisposto dalla FIAT in Argentina per l'assistenza alle turbine.

Il primo inconveniente si verificò nel settembre 1963, quando l'avvolgimento di uno dei motori elettrici di avviamento bruciò a causa del calore eccessivo sviluppato durante l'avviamento. Qualche tempo dopo, anche un altro motore di avviamento subì la stessa avaria. Mentre era in corso il ribobinamento dei due motori, il terzo motore veniva trasferito da una turbina all'altra per effettuare gli avviamenti. Poiché lo stabilimento di Loma Negra impiega queste turbine per servizio di base, gli avviamenti non sono frequenti. Pertanto questo inconveniente non diede eccessivi fastidi.

Questi motori, a causa della loro bassa velocità di rotazione durante il primo periodo dell'avviamento, non hanno una sufficiente dissipazione del calore. Per ovviare a ciò fu installato un ventilatore separato per produrre un raffreddamento forzato indipendentemente dalla loro velocità.

Anche le resistenze rotoriche del motore di avviamento furono raffreddate con una circolazione forzata di aria, permettendo in tal modo l'uso prolungato dello stesso senza riscontrare surriscaldamenti. Ciò è di fondamentale importanza durante la pulizia del compressore ed il raffreddamento del rigeneratore. Contemporaneamente a queste modifiche, venne adottato anche il sistema di preriscaldamento dell'unità durante la fase di avviamento, e ciò per permettere un aumento graduale della temperatura delle palette turbina e la conseguente riduzione dell'effetto di « shock termico » sulle stesse.

Un altro inconveniente, sebbene di origine esterna, si verificò sul gruppo di Olavarría nel febbraio 1964. In una stagione molto piovosa si era notato che la turbina perdeva potenza senza una ragione apparente; da un controllo si riscontrò che il tunnel sotterraneo (di cemento armato) di aspirazione dell'aria conteneva circa 3 pollici d'acqua per tutta la sua lunghezza. Era successo che, a causa delle abbondanti piogge, il livello della falda sotterranea era salito al di sopra del livello inferiore del tunnel, e poiché esso non era stato impermeabilizzato, una quantità considerevole d'acqua era filtrata dentro di esso. Parte di quest'acqua entrava sotto forma di vapore nel compressore producendo sulle palette dei depositi fangosi che riducevano la potenza del gruppo. Furono allora scavati tre pozzi attorno al tunnel e l'acqua venne pompata fuori finché non scese sotto il livello del tunnel stesso. L'inconveniente fu così eliminato. Sebbene questo tunnel sia stato in seguito reso stagno, le pompe dei tre pozzi sono fatte funzionare ogni qualvolta si verificano abbondanti piogge.

L'inconveniente di maggior rilievo si verificò sul gruppo N. 005 dello stabilimento di Barker. Nel corso della seconda revisione annuale si notò che la turbina ed il riduttore di velocità si erano disallineati e che

l'albero del riduttore di velocità si era deformato. Il disallineamento era stato provocato da una tensione dovuta alla tubazione che collega lo scarico del compressore al rigeneratore. Questa tubazione di 830 mm di diametro ed adatta per resistere ad una pressione interna di 5,3 ata è molto pesante, e qualsiasi sollecitazione in essa prodotta può causare deformazioni nel corpo della turbina. La tubazione fu scollegata e l'intera turbina venne riallineata. Venne pure ripristinato il centraggio sulle flange tra pignone riduttore e turbina. La tubazione fu ricollegata in modo tale da non generare più sollecitazioni sul corpo turbina.

Sulle tre turbine furono cambiate sia le palette rotanti che i distributori primo stadio. La lega usata in origine per le palette rotanti, e che ha dato risultati soddisfacenti, era l'Inconel X, tuttavia, per ridurre i costi di manutenzione, Loma Negra desiderava che queste palette avessero una più lunga durata e perciò la FIAT si offerse di sostituirle ad un prezzo ragionevole con altre in lega Inconel 700 di migliori caratteristiche.

Sulla turbina di Barker N. 004, furono riscontrate alcune perdite di aria attraverso le flange dei condotti che collegano la turbina al rigeneratore, con conseguente perdita di potenza. Le guarnizioni delle flange di questi condotti erano costruite in tre pezzi, che uniti insieme per mezzo di giunzioni a coda di rondine, non erano in grado di sopportare le pressioni interne; durante una delle revisioni annuali tutte le guarnizioni furono pertanto sostituite con un tipo nuovo in un sol pezzo.

Durante i mesi invernali più freddi in Argentina c'è generalmente una scarsità di gas naturale. La pressione nei gasdotti di alimentazione della centrale scende, ed il peso specifico del gas aumenta di circa il 20%. Le turbine sono progettate per una pressione di alimentazione del gas di 12 ata, ma qualche volta con il tempo molto freddo, la pressione nel gasdotto scende a 9,5 ata e questa pressione è insufficiente per permettere alle turbine di sviluppare la piena potenza. La valvola di comando del gas ha dovuto perciò essere modificata per aumentarne la sua portata. Attualmente è possibile funzionare a pieno carico con pressioni minime nei condotti di 8,7 ata.

Il rigeneratore

Veramente non c'è nulla di importante da dire per quanto riguarda i rigeneratori se non che essi non richiedono né manutenzione né pulizia. Non è stata notata alcuna perdita di potenza per sporcamento nel rigeneratore, almeno con funzionamento a gas naturale. Non si ha invece nessuna esperienza di quel che succede quando si usa combustibile liquido. L'impiego del rigeneratore comporta evidentemente una perdita di potenza del gruppo dovuta alla caduta di pressione

dell'aria attraverso il rigeneratore stesso, nonché una spinta sul cassone di scarico dovuta alla contropressione prodotta dal rigeneratore. La perdita totale di potenza ammonta a circa il 2,5% e se ne deve tener conto al momento dell'acquisto della turbina.

Quando si effettua l'avviamento di una turbina a ciclo rigenerativo, la valvola di regolazione del combustibile per l'avviamento automatico deve essere posizionata in due diverse posizioni. L'operatore che avvia la macchina deve scegliere la posizione esatta sulla base della temperatura del rigeneratore. La posizione numero 1 si adotta quando il rigeneratore è caldo, cioè quando si riavvia la macchina dopo una breve fermata. La posizione numero 2 si adotta quando il rigeneratore è freddo, per esempio quando si riavvia dopo la pulizia del compressore. La ragione è che il rigeneratore ha una grande capacità termica con le sue 80 tonnellate di acciaio. Quando si effettua l'avviamento con il rigeneratore caldo, il calore accumulato in esso influenza le temperature della fiamma e perciò la valvola di regolazione del combustibile per l'avviamento automatico deve essere fatta funzionare con una diversa taratura.

Tabella 3 - Costo del kWh prodotto con turbina a gas nella centrale di Olavarría

Periodi considerati	dall'1.7.63	dall'1.1.65	dall'1.2.66
	al 31.12.64	al 31.1.66	al 30.6.66
Potenza totale prodotta 10 ⁶ kWh	56,80	46,35	23,45
Prezzo del gas naturale \$ (U.S.)/10 ⁶ BTU	0,5366	0,6818	0,7520
Costo di esercizio \$ (U.S.)/kWh	0,00922	0,01117	0,01256
Percentuale di ammortamento per 5 anni \$ (U.S.)/kWh	0,00528	0,00467	0,00355
Costo compless. per kWh \$ (U.S.)/kWh	0,01450	0,01584	0,01611

Ammortamento del rigeneratore

Il prezzo di ciascun rigeneratore, incluso l'interesse per il pagamento dilazionato, ammonta a \$ 300.000. L'investimento era considerato favorevole se la spesa poteva essere ammortizzata in non più di 10 anni.

Al momento dell'acquisto, il prezzo del gas naturale in Argentina, era di 0,5366 dollari per milione di Btu. Il risparmio di combustibile ottenuto con il rigeneratore è di 1.600 Btu per kWh. Il risparmio in dollari sarebbe quindi stato di \$ 859 (U.S.) per milione di kWh e l'ammortamento totale sarebbe stato

raggiunto quando la produzione di energia di ogni gruppo avesse raggiunto

$$\frac{300.000}{859/10^6} \left[\frac{\$ \text{ (U.S.)}}{\$ \text{ (U.S.)/kWh}} \right] = 350 \times 10^6 \text{ kWh}$$

poiché la Società prevedeva una produzione annua di 40×10^6 kWh, si prevedeva il seguente periodo di ammortamento:

$$\frac{350 \times 10^6}{40 \times 10^6} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{kWh/anni}} \right] = 8,75 \text{ anni}$$

In realtà il prezzo medio del gas naturale nel periodo triennale considerato salì a 0,658 \$ (U.S.) per 10^6 Btu e la produzione annuale della turbina raggiunse 42×10^6 kWh (per il gruppo di Olavarria), cosicché il risparmio per kWh fu di

$$1600 \times 0,658 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{kWh}} \times \frac{\$ \text{ (U.S.)}}{10^6 \text{ Btu}} \right] = 1050 \left[\frac{\$ \text{ (U.S.)}}{10^6 \text{ kWh}} \right]$$

e la produzione necessaria per ammortamento:

$$\frac{300.000}{1050/10^6} \left[\frac{\$ \text{ (U.S.)}}{\$ \text{ (U.S.)/kWh}} \right] = 286 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Il tempo d'ammortamento corrispondente è di:

$$\frac{286 \times 10^6}{42 \times 10^6} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{kWh/anni}} \right] = 6,8 \text{ anni}$$

Se l'acquisto avvenisse ora, l'ammortamento si avrebbe in un tempo più lungo a causa del cambio sfavorevole del Peso Argentino rispetto al Dollaro U.S.A.

Costo per kWh generato dalla turbina a gas

Il costo per kWh è stato calcolato sulla base delle prestazioni del gruppo di Olavarria, il quale è stato quello a più intensa utilizzazione. Nel computo sono stati considerati: la produzione totale del gruppo, il consumo totale di combustibile, le variazioni di prezzo del combustibile, il costo del personale (tenendo conto che questo costo deve essere diviso tra le turbine ed i motori alternativi della centrale), l'assistenza tecnica ed il servizio di manutenzione contratto con la FIAT Argentina, i pezzi di ricambio usati ed altre spese minori di funzionamento.

I costi per kWh sono indicati sulla tabella 3 ed includono il prezzo di combustibile nel periodo triennale considerato, la produzione totale, le spese di funzionamento e le spese di ammortamento.

STORICO

FIAT

Navi con motori FIAT entrate in servizio nel 1967

Riportiamo i nomi e le fotografie di alcune navi, azionate da motori FIAT, entrate in servizio nel corso del 1967. Nell'elenco che segue, per le navi militari diamo in ordine successivo: il nome della nave, il tipo e la potenza dei motori. Per le navi mercantili, oltre il nome della nave, il tipo e la potenza del motore, l'Armatore e la data di entrata in servizio.

Per i motori costruiti su licenza, dopo il tipo del motore segue il nome del Licenziatario.

NAVI MILITARI CON MOTORI DI NOSTRA COSTRUZIONE

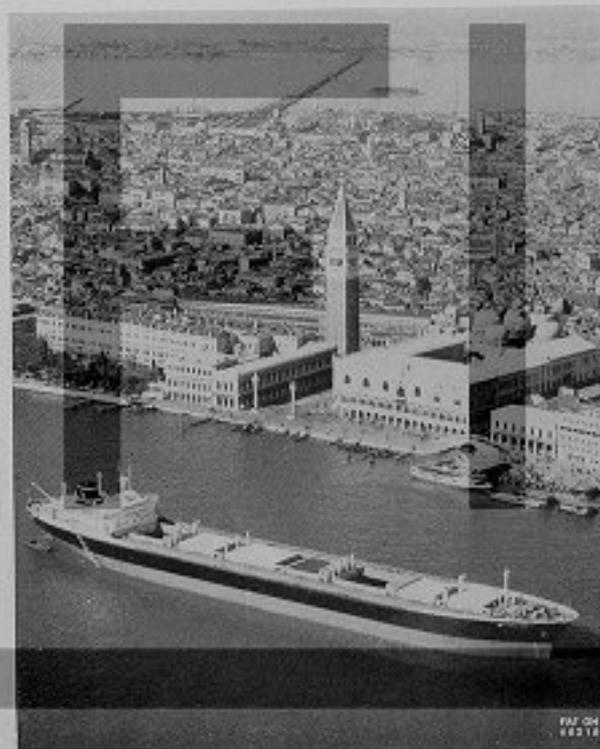


M/v MICHELE FIORILLO



S/m ENRICO TOTI

S/m ENRICO TOTI	2 x MB 820 N/I	2 x 680 Cv	Marina Militare Italiana	3-67
M/v MICHELE FIORILLO	MB 820 DB	1040 Cv	Capitaneria di Porto - Napoli	12-67
	(2) MB 836 Bb	2 x 385 Cv		



M/v MEY LOTTI GHETTI



M/v SISAK

M/n MEY LOLLI GHETTI	B 7510 S	15000 Cv	Carbonavi Soc. di Navigazione S.p.A. - Palermo	3-67
M/n BOSANKA	B 757 S	10500 Cv	Atlantska Plovidba - Dubrovnik	3-67
M/n AVENIR	2 x B 6010 S	2 x 7500 Cv	Compagnie de Navigation Mixte - Marseille	3-67
Pesch. 108 BAEK NYONG	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	3-67
Pesch. 109 BAEK NYONG	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	3-67
Pesch. 273 NAM HAE	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	3-67
Pesch. 275 NAM HAE	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	3-67
Pesch. 277 NAM HAE	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	3-67
Pesch. 276 NAM HAE	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	4-67
Pesch. 278 NAM HAE	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	5-67



M/n AVENIR



M/n MIRAFIORI

Pesch. 110 BAEK NYONG	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	6-67
Pesch. 111 BAEK NYONG	LA 238	460 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	6-67
M/n SISAK	B 759 S	13500 Cv	Jugoslavenska Tankerska Plovidba - Zadar	6-67
M/n EMINONU	2 x A 306	2 x 520 Cv	Denizeilik Bankasi T.A.O. - Istanbul	6-67
M/n MIRAFIORI	9010 S	21000 Cv	Italnavi Soc. di Navigazione p. A. - Genova	7-67
Pesch. 701 HUK SAN	B 306 SS	1350 Cv	K.M.I.D.C. Inchon	8-67
N/n FILOMENA MATA CENA	2 x A 238 SS	2 x 1300 Cv	Caronte S.p.A. - Messina	8-67
Trag. CANGURO VERDE	2 x B 607 S	2 x 5950 Cv	Traghetti Sardi S.p.A. - Cagliari	9-67
M/n ALBERTO LOLLI GHETTI	B 7510 S	15000 Cv	Carbonavi Soc. di Navigazione S.p.A. - Palermo	10-67
Pesch. CARINA	B 3012 SS	2500 Cv	Dalmor, P.P.D. - Gdlnia	12-67



M/n CANGURO VERDE



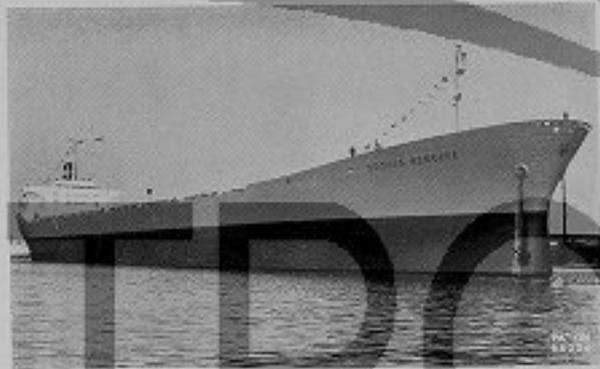
M/n ALBERTO LOLLI GHETTI

NAVI MERCANTILI CON MOTORI FIAT COSTRUITI DAI LICENZIATARI



M/n ZIEMIA WIELKOPOLSKA

M/n ZIEMIA WIELKOPOLSKA	B 758 S (CRDA)	11200 Cv
M/n SANTA VALERIA	9010 S (CRDA)	21000 Cv
M/n URSULA SCHULTE	907 S (Borsig)	16100 Cv



M/n URSULA SCHULTE

Polish Steamship Co. - Szczecin	2-67
Italnavi Soc. di Navigazione p. A. - Genova	3-67
Partenreederei m. s. Ursula Schulte - Emden	4-67



M/n SORRENTO

M/n MANUELA PRIMA	B 759 S (Ansaldo)	12600 Cv
M/n THESSALIA	B 526 TS (Borsig)	4200 Cv
M/n SORRENTO	908 S (Ansaldo)	16800 Cv
M/n MARE TRANQUILLO	B 758 S (CRDA)	11200 Cv



M/n MARE TRANQUILLO

Erice S. p. A. di Navigazione - Palermo	5-67
Partenreederei m. s. Inge Crüger - Hamburg	3-67
Egeria Soc. di Navigazione p. A. - Palermo	6-67
Fratelli d'Amico - Roma	6-67



M/n MONI

M/n SANTAGATA	908 S (Ansaldo)	16800 Cv
M/n MONI	B 526 TS (Borsig)	4200 Cv
M/n ANNA BIBOLINI	907 S (CRDA)	16100 Cv
M/n BARANJA	B 758 S (CRDA)	12000 Cv



M/n ANNA BIBOLINI

Nereide Soc. p. A. di Navigazione - Palermo	8-67
Rickmers Reederei GmbH - Hamburg	9-67
Bibolini Soc. di Navigazione p. A. - Palermo	10-67
Atlantska Plovidba - Dubrovnik	11-67



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

CENTRO

Lo stabilimento per la fabbricazione di cemento Portland in Olavarría (Buenos Aires) della Soc. Loma Negra - La centrale elettrica è azionata da una turbina a gas FIAT

