

FIAT STABILIMENTO GRANDI MOTORI

VOL. IX - N. 3

BOLLETTINO TECNICO

LUGLIO-SETTEMBRE 1956



Motore Diesel FIAT tipo B487 T

Questo motore, a due tempi con testa croce, ha 7 cilindri del diametro di 480 mm, con una corsa di 640 mm.
Sviluppa 2100 CV a 280 giri/min.

Influenza delle caratteristiche costruttive delle pompe
d'iniezione su alcuni fenomeni di instabilità e irregolarità
di funzionamento del motore Diesel

Dr. Ing. Alberto Guglielmotti Pag. 57

Due nuove motonavi per servizio misto della Società
"Adriatica" di Navigazione

R. De P. Pag. 76

XXII Salone Nautico Internazionale di Parigi

Pag. 84

INFLUENZA DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE POMPE D'INIEZIONE SU ALCUNI FENOMENI DI INSTABILITÀ E IRREGOLARITÀ DI FUNZIONAMENTO DEL MOTORE DIESEL (*)

A) INTRODUZIONE

Come è noto, la pompa di iniezione in un motore Diesel ha lo scopo, in collegamento agli altri organi dell'apparato d'iniezione, di realizzare l'introduzione del combustibile nella camera di combustione, nelle condizioni più adatte per ottenere una buona combustione e un ciclo conveniente dal punto di vista termodinamico.

I tipi di pompe adottati dai vari costruttori di motori Diesel sono molteplici.

A titolo di esempio, sono stati schematicamente riportati nella figura 1 tre tipi di pompe, nei quali è possibile fare rientrare la maggior parte delle pompe di iniezione attualmente in uso.

Tralasciando la descrizione delle tre pompe, che riteniamo superflua, le caratteristiche fondamentali di funzionamento che le distinguono sono:

— Nella pompa tipo (1) la messa in pressione dell'apparato d'iniezione ha inizio non appena lo stantuffo copre il foro di aspirazione e riflusso.

L'aumento della pressione è molto rapido, dato che lo stantuffo giunge a coprire il foro con velocità generalmente finita e piuttosto elevata.

La regolazione della quantità del combustibile da iniettare viene effettuata, alla fine dell'iniezione, dalla scanalatura elicoidale che scopre il foro di riflusso mettendo in comunicazione la mandata con l'aspirazione.

È opportuna la presenza di una valvola di mandata per evitare che nella parte della corsa di discesa dello

stantuffo, durante la quale il foro è coperto dal fianco dello stantuffo, la pompa aspiri dalla tubazione, provocando l'eventuale formazione di vapori di nafta o l'ingresso di gas nell'apparato.

— Nella pompa tipo (2) l'inizio della messa in pressione dell'apparato avviene, in maniera analoga a quanto succede con la pompa tipo (1), quando già lo stantuffo ha una velocità finita, ed è determinato dalla chiusura della valvola di riflusso.

La regolazione della quantità del combustibile iniettato viene realizzata agendo sugli organi di comando della valvola di riflusso che ritarda o anticipa l'inizio dell'iniezione.

La pompa è provvista di valvola di aspirazione e quindi la valvola di mandata non è necessaria.

— Nella pompa tipo (3) l'inizio della messa in pressione dell'apparato si verifica invece non appena lo stantuffo comincia a muoversi verso l'alto ed è molto più graduale che non nei due tipi precedenti.

La regolazione della quantità di combustibile iniettato viene realizzata agendo sugli organi di comando della valvola di riflusso che ritarda o anticipa la fine dell'iniezione.

Anche in questo caso, data la presenza della valvola di aspirazione, la valvola di mandata non è necessaria.

I tre tipi di pompe sono in grado di realizzare, mediante un opportuno proporzionamento, un'iniezione efficace, ma la presenza della valvola di mandata nella pompa tipo (1) e il fatto che nelle pompe tipo (1) e tipo (2)

(*) Il testo di questo articolo è stato presentato dall'Autore quale memoria all'XI Congresso A.T.I., tenutosi a Trieste dall'1 al 4 ottobre 1956.

l'inizio della messa in pressione dell'apparato avvenga quando lo stantuffo ha già una velocità finita, possono dar luogo, come è stato notato su alcuni motori, a irregolarità di marcia e instabilità del motore che, in determinati casi, ne possono pregiudicare l'utilizzazione.

della trasmissione del moto per onde in un mezzo elastico lineare. In altre parole, ad uno spostamento con velocità v impresso al fluido in una sezione del tubo, corrisponde l'emissione di un'onda di pressione, avente un'intensità proporzionale a v , che si propaga lungo il tubo con la

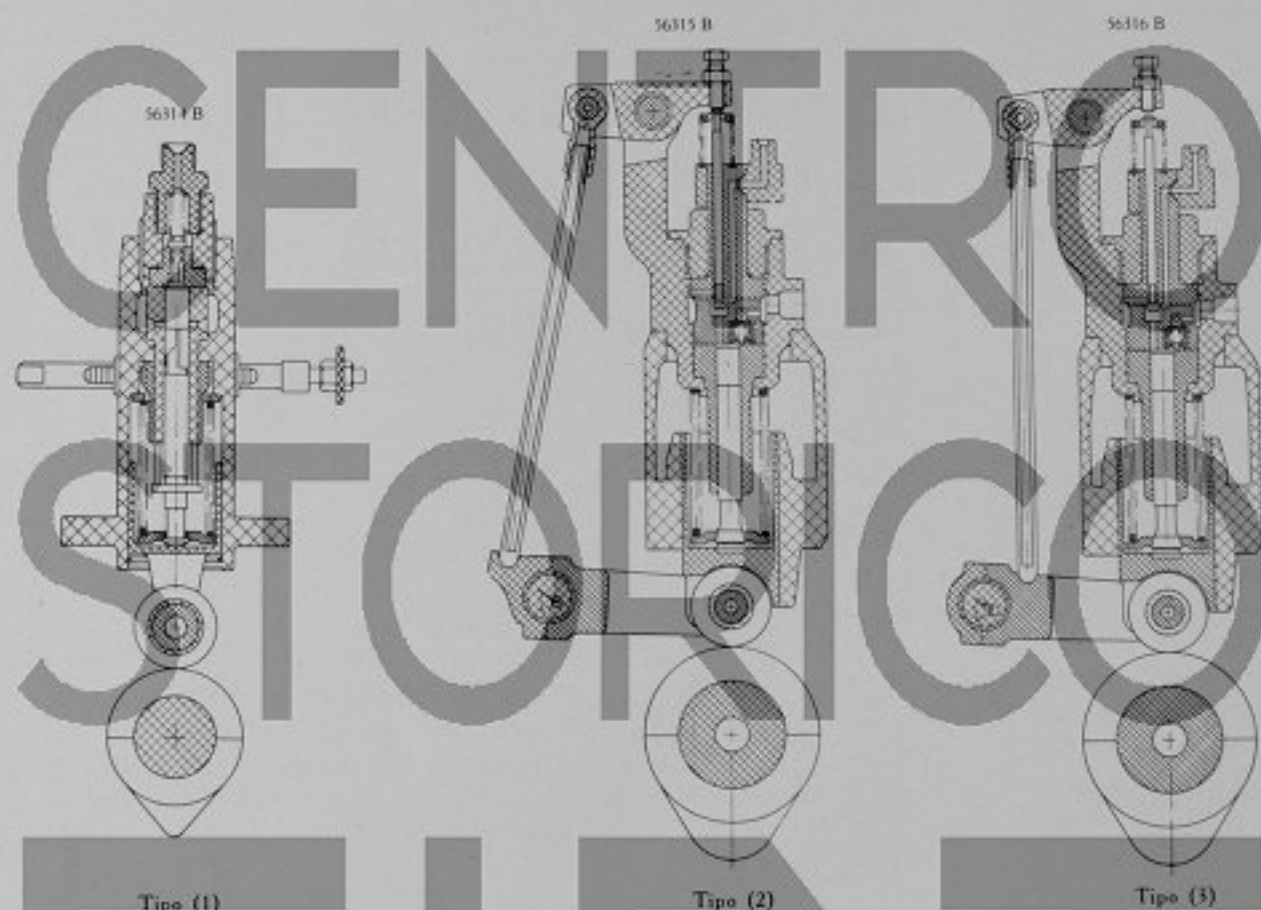


Fig. 1 - Tipi fondamentali di pompe di iniezione per motori Diesel.

Tipo (1) Tipo con regolazione della portata di combustibile alla fine della mandata utile eseguita per mezzo di scoprimento di una luce realizzato dalla superficie laterale dello stantuffo.

Tipo (2) Tipo con regolazione della portata di combustibile all'inizio della mandata utile eseguita per mezzo di una valvola.

Tipo (3) Tipo con regolazione della portata di combustibile alla fine della mandata utile eseguita per mezzo di una valvola.

Tali inconvenienti sono l'oggetto del presente articolo.

Si noti che la pompa tipo (1) si presenta in condizioni particolarmente sfavorevoli agli effetti degli inconvenienti citati. D'altra parte essa è costruttivamente la più semplice ed ha trovato una quasi universale applicazione nei motori piccoli e veloci. Attualmente il suo impiego va estendendosi anche ai motori di dimensioni maggiori.

Per rendere più comprensibili i concetti che saranno svolti nelle pagine seguenti, ricordiamo brevemente che i fenomeni che si svolgono in un apparato d'iniezione sono dei fenomeni essenzialmente dinamici, governati dalle leggi

velocità del suono nel mezzo. Quest'onda può riflettersi totalmente o parzialmente alle estremità del tubo, a seconda che la parete terminale sia integra o no, può sovrapporsi ad altre onde che si propagano nello stesso senso o in senso contrario, è soggetta a fenomeni di smorzamento dovuti all'attrito interno del fluido e lungo le pareti del tubo, ecc.

Del resto l'argomento è ampiamente trattato nella letteratura tecnica, alla quale si rimanda per maggiori particolari (v. Bollettino Tecnico n. 4-1951 con bibliografia e Bollettino Tecnico n. 3-1955).

B) FENOMENI DI IRREGOLARITÀ DI FUNZIONAMENTO DEL MOTORE DOVUTI ALLA PRESENZA DELLA VALVOLA DI MANDATA

1) Generalità

Come già accennato nell'introduzione, è opportuno che la pompa tipo (1) sia provvista di valvola di mandata.

Tale valvola ha essenzialmente lo scopo di impedire che l'effetto aspirante prodotto dallo stantuffo nella sua corsa di discesa, mentre il foro di alimento rimane coperto, provochi lo svuotamento parziale del tubo che collega la pompa al polverizzatore, con conseguente formazione di vapori e ingresso, nell'apparato d'iniezione, di gas che potrebbero comprometterne il funzionamento. Una valvola di mandata di tipo normale, chiudendosi rapidamente alla fine dell'iniezione, non appena cioè al disotto di essa la pressione cade per effetto dell'apertura del foro di riflusso, manterrebbe però la tubazione del combustibile ad una pressione troppo elevata e tale da provocare sensibili inconvenienti.

La valvola di mandata viene quindi munita di un collarino di decompressione che, nella corsa di discesa della valvola, funziona come uno stantuffino che aspira dalla tubazione, abbassando la pressione residua che si stabilirebbe fra due iniezioni successive.

Uno degli inconvenienti provocati da un'eccessiva pressione residua nel tubo d'iniezione, è l'eventuale gocciolamento del combustibile attraverso il polverizzatore, soprattutto se la sua tenuta non è perfetta; questo fatto dà luogo ad un funzionamento fumoso del motore e alla formazione di depositi carboniosi sull'iniettore e in generale sulle pareti della camera di combustione.

Esiste però anche un altro fenomeno che, in determinati casi, può compromettere il buon funzionamento del motore. È stato notato da numerosi rilievi che, se la corsa aspirante della valvola di mandata è scarsa, può verificarsi nell'apparato d'iniezione, e quindi nel motore, un regime di funzionamento con un andamento delle pressioni d'iniezione, e quindi con cicli indicati, diversi da giro a giro.

Più precisamente le pressioni residue che si stabiliscono nell'apparato d'iniezione fra due iniezioni successive, non sono costanti ma diverse da ciclo a ciclo; varierà perciò anche l'anticipo effettivo d'iniezione, che, ovviamente, risulta tanto maggiore quanto più grande è la pressione residua. Pertanto, ferma restando la posizione delle cremagliere e cioè l'istante in cui si scopre il foro di riflusso e termina l'iniezione, si avrà una durata d'iniezione e quindi una quantità di combustibile iniettato variabile da ciclo a ciclo.

Questo difetto dell'apparato d'iniezione si manifesta, come è stato notato in pratica, solo entro determinati campi della pressione media effettiva e della velocità di rotazione, mentre per tutte le altre condizioni di marcia del motore il funzionamento dell'apparato d'iniezione è perfettamente normale.

Il fenomeno descritto può essere periodico con periodo pari ad un numero intero di giri dell'albero a camme. Ne consegue che nel momento torcente saranno presenti delle componenti armoniche di ordine $1/2$, $1/3$, $1/4$, ecc.

Nei gruppi mototecnici dette armoniche possono innescare delle oscillazioni elettromeccaniche. Nei motori marini il fenomeno è sentito soprattutto a velocità e quindi a potenza ridotta. In tali condizioni, e cioè con durate d'iniezione molto brevi, può accadere che qualche cilindro accenda soltanto ogni due o più giri dell'albero a camme.

Naturalmente, quando nell'apparato d'iniezione si manifesta tale inconveniente, il motore, soprattutto se a velocità ridotta, può funzionare irregolarmente con variazioni anche sensibili della velocità di rotazione e con l'eventuale continuo intervento del regolatore. Questi due fatti, che influiscono in maniera determinante sulle caratteristiche dell'iniezione, alterano il fenomeno periodico sopra descritto in modo tale da rendere problematica ogni previsione sul suo andamento.

D'altra parte, a parità di condizioni del motore e dell'apparato d'iniezione, l'entità dell'eventuale irregolarità di funzionamento, e cioè i limiti entro cui varia la velocità di rotazione, non risulta sempre costante. Infatti se ad esempio in un motore a due tempi a 6 cilindri i polverizzatori si aprono a giri alterni (se cioè l'andamento dell'iniezione è periodico con periodo pari a due giri dell'albero a camme), si avrà la massima regolarità di funzionamento, compatibile con le condizioni dell'apparato d'iniezione, quando lo sfasamento delle accensioni sarà costante e uguale a 120° ; si verificherà invece la massima irregolarità quando le accensioni saranno sfasate di 60° e copriranno ad esempio i primi 360° del periodo mentre nei rimanenti 360° nessun cilindro accenderà.

Nessuna previsione naturalmente può essere fatta se in un determinato caso si stabilirà una delle due condizioni di funzionamento o un'altra qualsiasi condizione intermedia, poiché ciò dipende da cause assolutamente accidentali.

2) Esame di alcuni rilievi

Come esempio del fenomeno descritto in precedenza sono stati riportati nelle figure 2, 3, 4, 5, 6 e 7 i rilievi oscillografici delle pressioni nell'apparato d'iniezione

eseguiti su alcuni motori, rilievi che verranno brevemente commentati.

— *Motore FIAT tipo B 366* (fig. 2) - motore a 2 tempi, 6 cilindri ($\varnothing = 360$ mm), velocità normale = 240 giri/min.

L'apparato d'iniezione ha le seguenti caratteristiche:

— Diametro stantuffo pompa iniezione	22 mm
— Diametro tubi di mandata	4 mm
— Lunghezza tubi di mandata	2,53 m
— Foratura iniettore	10 x 0,35 mm
— Diametro valvola di mandata	11 mm
— Corsa valvola di mandata	3 mm
— Volume aspirato dalla valvola di mandata	285 mm ³

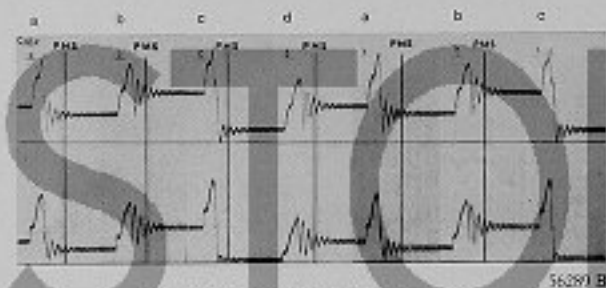


Fig. 2 - Motore FIAT tipo B 366

Rilievi delle pressioni d'iniezione al polverizzatore (sopra) ed alla pompa di iniezione (sotto), eseguiti con motore oscillante da 70 a 100 giri/min.

A basse velocità il motore era instabile e la velocità oscillava fra 70 e 100 giri/min.

Dal rilievo si nota che l'andamento dell'iniezione era periodico, con periodo pari a quattro giri dell'albero a camme, e dava luogo a quattro tipi di cicli d'iniezione (a, b, c, d).

Nei cicli b e d il polverizzatore non si apriva e quindi la pompa d'iniezione si limitava a mettere in pressione la tubazione, mentre nei cicli a e c il polverizzatore si apriva, ma poiché le pressioni residue iniziali erano diverse, si verificavano nei due casi durate e pressioni d'iniezione diverse.

— *Motore FIAT tipo B 366* (fig. 3) motore a 2 tempi, 6 cilindri ($\varnothing = 360$ mm), velocità normale = 240 giri/min.

Le condizioni del motore erano uguali a quelle del rilievo precedente, salvo per la valvola di mandata che aveva una corsa di 6 mm e pertanto un volume aspirato di 570 mm³. Il motore teneva più regolarmente

velocità ridotte. Si verificava però ancora un funzionamento periodico dell'apparato d'iniezione con periodo pari a due giri dell'albero a camme e con aperture a giri alterni del polverizzatore. Le pressioni residue rag-

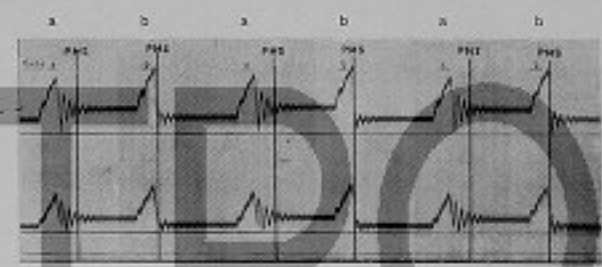


Fig. 3 - Motore FIAT tipo B 366

Rilievi delle pressioni d'iniezione al polverizzatore (sopra) ed alla pompa di iniezione (sotto), eseguiti a 70 giri/min.

giungevano dei massimi inferiori a quelli del rilievo precedente.

— *Motore FIAT tipo B 366* (fig. 4) - motore a 2 tempi, 6 cilindri ($\varnothing = 360$ mm), velocità normale = 240 giri/min.

Fermo restando le altre condizioni del motore e dell'apparato d'iniezione dei due rilievi precedenti, la corsa aspirante della valvola di mandata venne aumentata a 9 mm per cui il volume aspirato è di 855 mm³; il motore teneva abbastanza regolarmente velocità ridotte, ma permaneva la periodicità dell'iniezione con periodo pari a tre giri dell'albero a camme. Il polverizzatore si apriva soltanto durante uno dei cicli che compongono il periodo (ciclo b) mentre gli altri due cicli (a e c) servivano soltanto a mettere in pressione l'apparato.

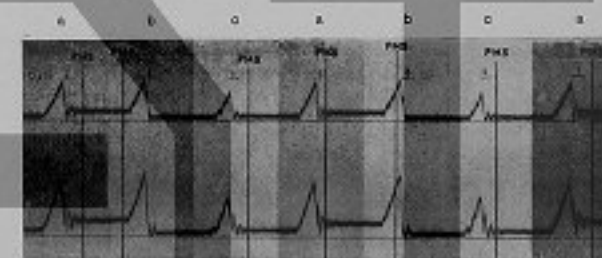


Fig. 4 - Motore FIAT tipo B 366

Rilievi delle pressioni d'iniezione al polverizzatore (sopra) ed alla pompa di iniezione (sotto), eseguiti a 70 giri/min. Condizioni dell'apparato d'iniezione come figura 2 salvo la corsa della valvola di mandata che è di 9 mm.

— *Motore FIAT tipo B 365 E* (fig. 5) - motore a 2 tempi, 5 cilindri ($\varnothing = 360$ mm), velocità normale = 250 giri/min.

La pompa d'iniezione era provvista di valvola di man-

data con corsa aspirante di 3 mm. Il rilievo venne eseguito a velocità ridotta, con funzionamento poco stabile del motore. L'andamento dell'iniezione era periodico, con periodo pari a sei giri dell'albero a camme. Dei sei cicli che compongono il periodo, il ciclo *b* realizzava un'iniezione moderata, il ciclo *f* un'iniezione di durata

secondo fronte di pressione proveniente dalla pompa, mentre nel ciclo *b*, che realizzava un'iniezione più lunga, il polverizzatore si apriva alla fine del primo fronte di pressione.

Nel momento torcente del motore era presente quindi un'armonica di ordine 1/2.

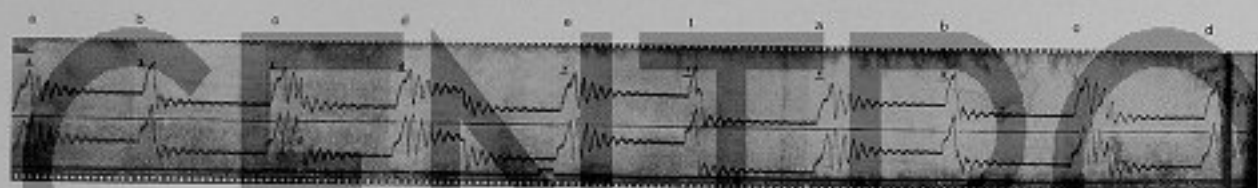


Fig. 5 - Motore FIAT tipo B 365 E

56292 B

Rilievi delle pressioni di iniezione al polverizzatore (sopra) ed alla pompa d'iniezione (sotto), eseguite in marcia lenta con il motore instabile con velocità oscillante da 70 a 100 giri/min. Condizioni dell'apparato d'iniezione come figura 2, salvo il diametro dello stantuffo pompa iniezione che è di 24 mm.

maggiore; nei cicli *a* ed *e* il polverizzatore non riusciva ad aprirsi, mentre nei cicli *c* e *d* si verificava un leggero trafilamento attraverso il polverizzatore che aveva luogo probabilmente in prossimità del punto morto superiore, quando cioè la pressione dell'aria nella camera di combustione, agendo sul polverizzatore nel senso di aprirlo, raggiungeva dei valori elevati.

— Motore FIAT tipo B 366 E (fig. 6) - motore a 2 tempi, 6 cilindri ($\varnothing = 360$ mm), velocità normale = 250 giri/min.

La pompa del combustibile era provvista di valvola di mandata con corsa aspirante di 9 mm, e conseguente volume aspirato di 855 mm³; identica a quella dell'esempio di figura 4.

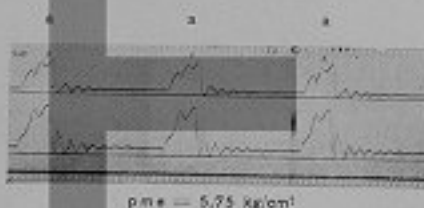
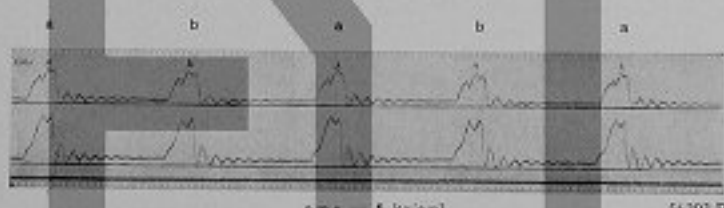
I rilievi vennero eseguiti alla velocità di 240 giri/min, per due valori della pressione media effettiva. Alla pressione media effettiva di 5,75 kg/cm² i diagrammi d'inie-

— Motore FIAT tipo A 457 T (fig. 7) motore a 2 tempi, 7 cilindri ($\varnothing = 450$ mm), velocità normale = 180 giri/min.

L'apparato d'iniezione ha le seguenti caratteristiche:

— Diametro stantuffo pompa iniezione	25 mm
— Diametro tubi di mandata	6 mm
— Lunghezza tubi di mandata	3,64 m
— Foratura iniettore	10 x 0,45 mm
— Diametro valvola di mandata	14 mm
— Corsa valvola di mandata	2,5 mm
— Volume aspirato dalla valvola di mandata	385 mm ³

Il rilievo, eseguito a velocità ridotta (circa 1/3 di quella normale), manifesta una notevole irregolarità di

p.m.e. = 5,75 kg/cm²p.m.e. = 5 kg/cm²

56293 B

Fig. 6 - Motore FIAT tipo B 366 E

Rilievi delle pressioni d'iniezione al polverizzatore (sopra) ed alla pompa d'iniezione (sotto), alla velocità di 240 giri/min; condizioni dell'apparato di iniezione come figura 4.

zione erano perfettamente uguali fra di loro e regolari. Alla pressione media effettiva di 5 kg/cm² invece si manifestava una piccola irregolarità periodica; come si può infatti notare dal rilievo, nel ciclo *a*, che realizzava un'iniezione più breve, il polverizzatore si apriva all'inizio del

funzionamento dell'apparato d'iniezione. Dato lo scarso numero di cicli rilevati, non è possibile vedere se il funzionamento era periodico e quanti giri dell'albero a camme comprendeva il periodo. Ad ogni modo si nota dal rilievo che nei cicli *b* ed *f* si aveva un'iniezione nor-

male, nei cicli *a*, *c* e *d* si verificava un leggero trafilamento dal polverizzatore, mentre nel ciclo *e* il polverizzatore non si apriva.

Una ulteriore conferma della presenza di questi fenomeni di irregolarità si può avere sia dal rilievo delle pressioni nell'interno del cilindro, che per via indiretta

progetto degli elementi che influiscono sull'entità delle pressioni residue nella tubazione, si riuscirà in genere a proporzionare correttamente la valvola di mandata per una sola condizione di funzionamento del motore, ma basterà ad esempio far girare il motore ad un carico o ad una velocità di rotazione diversi da quelli previsti

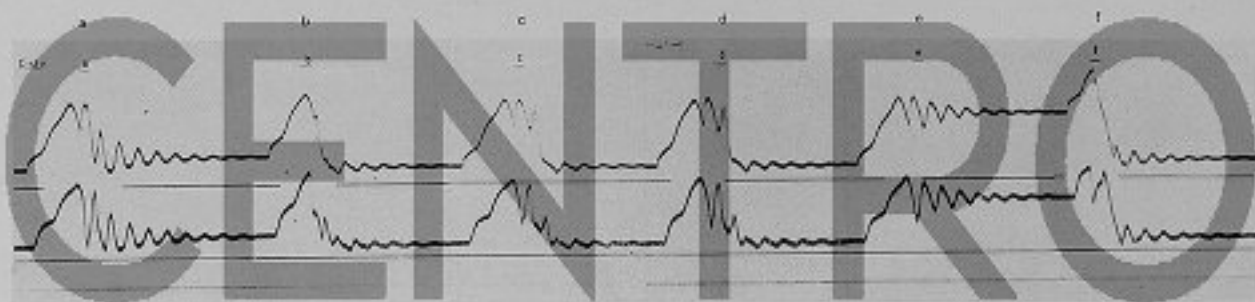


Fig. 7 - Motore FIAT tipo A 457 T

56296 B

Rilievi delle pressioni di iniezione alla pompa d'iniezione (sopra) ed al polverizzatore (sotto), alla velocità di 60 giri/min.

anche dai rilievi delle vibrazioni torsionali. Tali rilievi, eseguiti su di un motore a 2 tempi tipo B 365 denunciarono la presenza di un'armonica di ordine 1/2 che ovviamente, in un motore a 2 tempi, non avrebbe nessuna ragione di esistere, se non fosse provocata dall'irregolarità periodica dell'apparato d'iniezione, discussa in precedenza.

3) Proporzionamento della valvola di mandata

Tutti gli inconvenienti ai quali si è accennato, causati dall'esistenza di pressioni residue nell'apparato di iniezione, vengono naturalmente eliminati qualora si riesca a proporzionare la corsa aspirante della valvola di mandata in modo da annullare le pressioni residue per ogni possibile condizione di funzionamento del motore e quindi in modo da rendere uguali le condizioni iniziali di ogni ciclo d'iniezione.

È necessario osservare ora che il proporzionamento della valvola è notevolmente complesso. Infatti, fissata la corsa di decompressione della valvola di mandata, la pressione residua nella tubazione alla fine dell'iniezione dipende dalla distribuzione della pressione del combustibile nell'apparato nell'istante dell'apertura del foro di riflusso, e quindi dalla pressione di taratura del polverizzatore, dalla forma della camma, dalla velocità di rotazione, dal carico del motore, ecc., e cioè da numerosi elementi che, data la loro natura, rendono quanto mai problematica la determinazione esatta delle caratteristiche che deve avere la valvola di mandata per soddisfare i requisiti richiesti.

AmMESSO inoltre di poter tenere conto in sede di

perché la valvola di mandata possa risultare inadatta alle nuove condizioni.

Può sembrare a prima vista che, per ottenere un corretto funzionamento dall'apparato d'iniezione, sia sufficiente proporzionare con una certa larghezza il volume aspirato dalla valvola di mandata, in modo da essere sicuri che in ogni caso la pressione residua si annulli. Alcune ovvie considerazioni, che tralasciamo di riportare, porterebbero però alla conclusione che una valvola di mandata con volume aspirato eccessivo potrebbe dar luogo ad inconvenienti non meno importanti di quelli citati nelle pagine precedenti.

4) Nuovo tipo di valvola

La difficoltà incontrata nel proporzionamento della valvola può essere eliminata mediante alcuni semplici accorgimenti, di facile realizzazione, che dovrebbero ridurre le pressioni residue ad un valore adatto per tutte le condizioni di funzionamento del motore.

È sufficiente a tale scopo costruire una valvola fornita sempre del collarino di decompressione, nella quale però sia praticato un passaggio di sezione ridotta che metta in comunicazione la zona a monte con la zona a valle della valvola stessa. All'atto della chiusura della valvola, il collarino provocherà una brusca caduta della pressione nella tubazione ad un valore che potrà anche non essere quello ottimo, ma il trafilamento attraverso la valvola farà abbassare la pressione residua ad un valore dipendente dalla sezione di passaggio a disposizione del combustibile e dal tempo che intercorre fra due successive iniezioni e, se opportunamente proporzionata, riporterà

l'apparato nelle condizioni migliori per la successiva iniezione.

La realizzazione di una valvola avente le caratteristiche di cui sopra, non presenta eccessive difficoltà. A titolo indicativo sono stati riportati nelle figure 8, 9, 10 e 11, quattro possibili tipi di costruzione. In essi le dimensioni

di 4 mm, cui corrisponde un volume aspirato di 451 mm^3 . Diametro dello stantuffo pompa iniezione = 18 mm, diametro tubi di mandata = 4 mm, lunghezza tubi di mandata = 1,75 m, foratura dell'iniettore = $8 \times 0,30 \text{ mm}$.

Essa, provata sul motore nella fase di messa a punto,

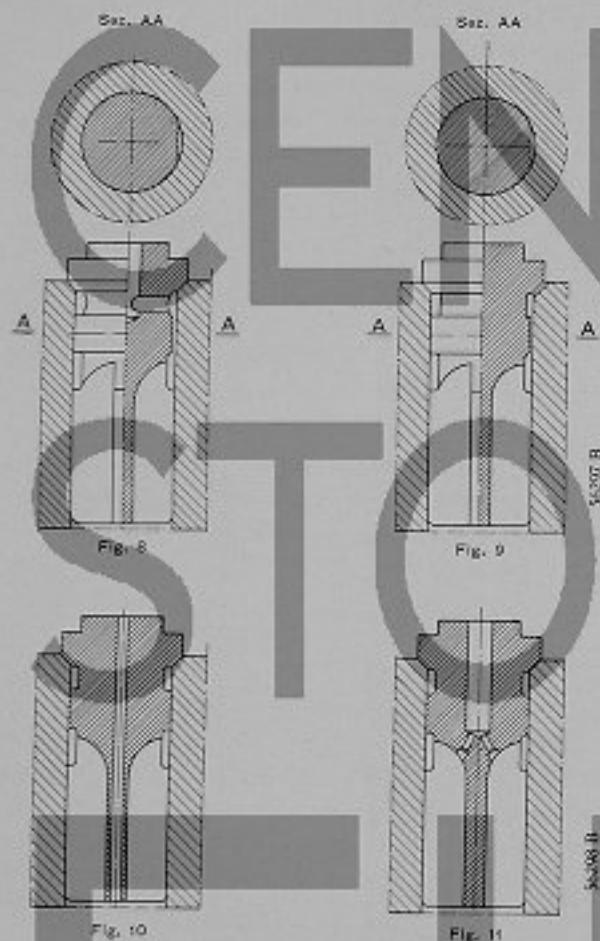


Fig. 8-9-10-11 - Vari tipi di valvole di mandata a trafilamento per pompe di iniezione tipo (f) di figura 1.

dello smusso nelle figure 8 e 9 e dei fori di trafilamento nelle figure 10 e 11 dovranno essere determinate sperimentalmente durante la fase di messa a punto del motore.

5) Risultati ottenuti

Una valvola del tipo precedentemente descritto venne provata su di un motore FIAT tipo C 267 (2 tempi, 7 cilindri del diametro di 260 mm, velocità normale = 330 giri/min).

La pompa d'iniezione del motore era provvista di una valvola di mandata avente diametro di 12 mm e corsa



Fig. 12 - Motore FIAT tipo C 267

Pompa di iniezione con valvola di mandata a trafilamento. Velocità = 330 giri/min - p.m.e. = $4,5 \text{ kg/cm}^2$. Rilievo delle pressioni al polverizzatore.

aveva dato luogo a pressioni residue dell'ordine di circa 50 kg/cm^2 , alla velocità di 330 giri/min, e alla pressione media effettiva di $4,5 \text{ kg/cm}^2$, e ad una certa irregolarità di funzionamento a carico e velocità ridotti.

Sulla valvola in parola vennero in un primo tempo eseguite le forature segnate in figura 8 e in un secondo tempo venne praticato, sul collare di aspirazione uno smusso di 0,1 mm che si dimostrò sufficiente ad annullare in ogni caso le pressioni residue.

Con le valvole modificate il motore, collegato al freno, ha potuto mantenere stabilmente una velocità minima inferiore a quella che era possibile praticare con le valvole originali.

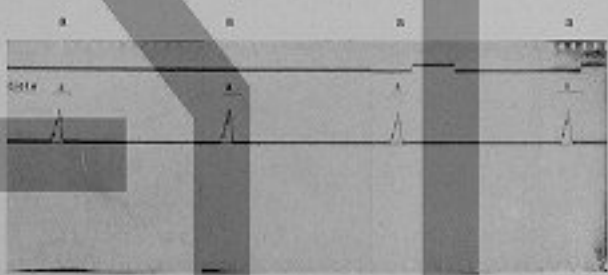


Fig. 13 - Motore FIAT tipo C 267

Pompa di iniezione con valvola di mandata a trafilamento. Velocità = 100 giri/min e p.m.e. = $1,5 \text{ kg/cm}^2$. Rilievo delle pressioni al polverizzatore.

La regolarità di funzionamento dell'apparato d'iniezione con le valvole modificate è chiaramente visibile nei rilievi delle pressioni d'iniezione, a carico e velocità normale e in marcia lenta riportati nelle figure 12 e 13.

6) Conclusione

Dalle considerazioni svolte nei capitoli precedenti e dall'esame delle prove eseguite, si può concludere quanto segue:

— La valvola di mandata può dar luogo per certi valori della velocità di rotazione e della pressione media effettiva ad un funzionamento irregolare del motore con cicli indicati diversi da giro a giro, a causa della variabilità della pressione residua che può stabilirsi nell'apparato d'iniezione fra due iniezioni successive.

— Un proporzionamento corretto della valvola di mandata per tutte le pressioni medie effettive e le velocità di rotazione praticate dal motore è quanto mai problematico in sede di progetto a causa delle numerose variabili che esercitano la loro influenza sul fenomeno dell'iniezione.

— Il problema può essere agevolmente risolto mediante l'adozione di un tipo particolare di valvola di mandata a trafilamento che annulli in ogni caso le pres-

sioni residue nell'apparato d'iniezione. Gli esperimenti eseguiti con questo tipo di valvola hanno dimostrato che i fenomeni di marcia irregolare del motore, soprattutto a velocità e carichi ridotti, dovuti alla presenza di pressioni residue nell'apparato d'iniezione, possono essere completamente eliminati.

Il tipo di valvola descritto sembra particolarmente adatto per determinate utilizzazioni, nelle quali sia richiesto che l'apparato d'iniezione fornisca delle quantità di combustibile rigorosamente costanti ad ogni ciclo, come nel caso dei motori a doppio combustibile o di motori che debbano praticare frequentemente velocità notevolmente inferiori a quelle normali, con pressioni medie effettive molto basse, oppure ancora quando è necessario che siano ridotte al minimo le componenti armoniche del momento torcente di ordine basso come ad esempio le armoniche di ordine 1/2, 1/3, ecc. nei motori a 2 tempi e le armoniche di ordine 1/4, 1/6, ecc. nei motori a 4 tempi.

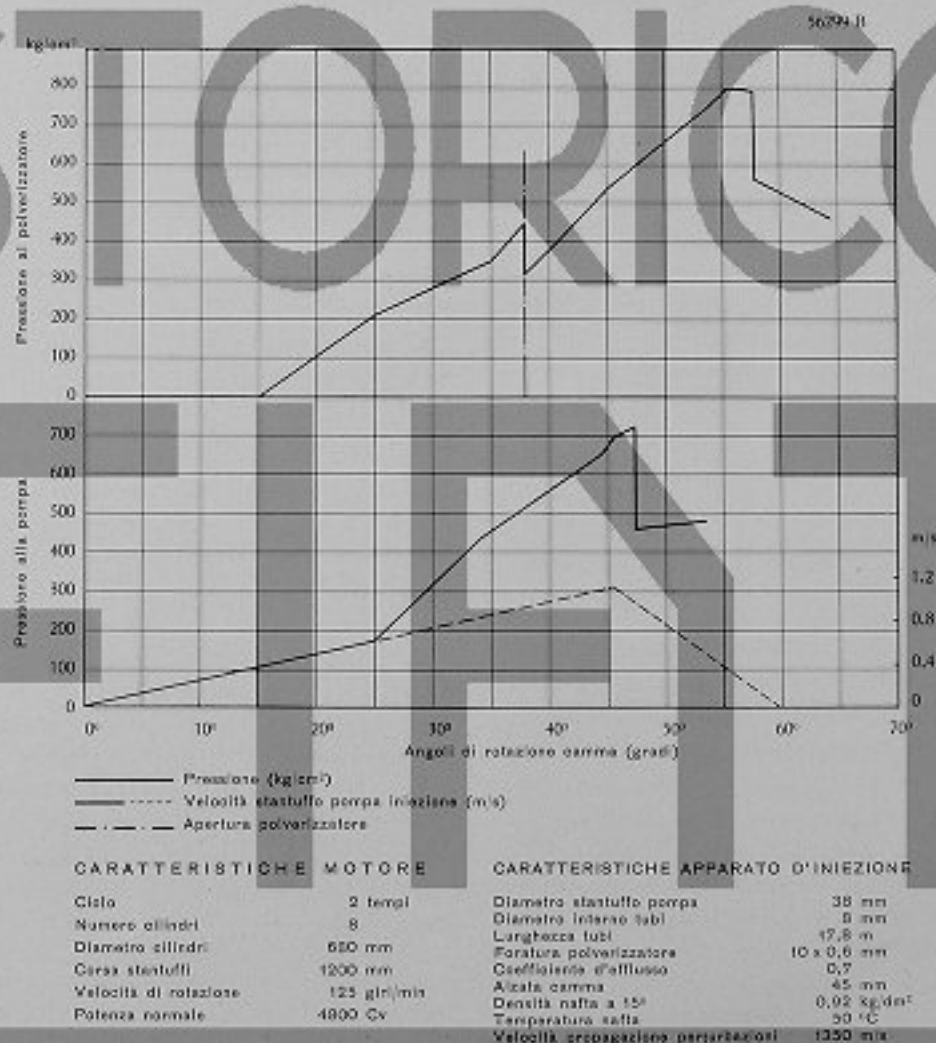


Fig. 14 - Motore FIAT tipo 688 - Diagramma di iniezione.

C) FENOMENI DI INSTABILITÀ DEL MOTORE DOVUTI AD UNA POMPA DI INIEZIONE IN CUI L'INIZIO DELLA POMPATA UTILE NON COINCIDE CON L'INIZIO DELL'ALZATA DELLO STANTUFFO.

1) Caratteristiche di funzionamento delle pompe tipo (1) e (2) (fig. 1).

Come è stato riportato nell'introduzione A), le caratteristiche di funzionamento delle pompe tipo (1) e (3) sono sostanzialmente diverse.

Nella pompa tipo (3) il combustibile viene aspirato dallo stantuffo nella corsa di discesa attraverso la valvola di aspirazione. Non appena la corsa di salita ha inizio, la valvola si chiude automaticamente e la tubazione viene messa gradualmente in pressione dalle onde emesse dallo stantuffo, che si propagano nel tubo, si riflettono al polverizzatore, ritornano verso la pompa, si sovrappongono alle onde successivamente emesse dallo stantuffo, ecc.

Si osservi che la forma del diagramma delle pressioni alla pompa e al polverizzatore viene caratterizzata essenzialmente dalla prima onda che parte dalla pompa, in quanto essa, nelle successive riflessioni, determina la variazione dell'inclinazione della curva delle pressioni alla pompa e al polverizzatore.

Poiché nel caso in esame lo stantuffo comincia ad agire fin dall'inizio del suo spostamento, e quindi con velocità crescente da un valore nullo, la prima onda emessa, proporzionale alla velocità dello stantuffo, avrà un andamento gradualmente crescente che si rifletterà in un analogo andamento delle pressioni totali alla pompa e al polverizzatore, almeno fino all'apertura dello spillo dell'iniettore.

A titolo indicativo è stato tracciato in figura 14 il diagramma delle pressioni d'iniezione di un motore provvisto di pompa tipo (3).

Nella pompa tipo (1) lo stantuffo comincia a muoversi mentre il foro di aspirazione e riflusso è ancora scoperto, cosicché inizialmente il combustibile defluisce da esso. Non appena il bordo dello stantuffo copre il foro, parte dalla pompa un fronte di pressione che ha un'intensità dipendente dalla velocità posseduta in quell'istante dallo stantuffo. In definitiva l'apparato d'iniezione viene messo in pressione bruscamente e l'andamento delle pressioni alla pompa presenta una rapida variazione in corrispondenza dell'istante di chiusura del foro di riflusso e di ogni successiva riflessione del primo fronte di pressione.

La base a quanto detto in precedenza si può quindi concludere quanto segue:

a) Nella pompa tipo (3) l'andamento delle pressioni alla pompa e al polverizzatore presenta un aumento graduale e senza brusche variazioni, almeno fino all'apertura dello spillo del polverizzatore. La prima parte del fianco attivo della camma ha un'importanza essenziale, in quanto essa genera la prima onda di pressione che con le sue successive riflessioni caratterizza l'andamento delle pressioni alla pompa e al polverizzatore.

b) Nella pompa tipo (1) l'andamento delle pressioni alla pompa e al polverizzatore presenta delle variazioni più o meno brusche in corrispondenza del primo fronte di pressione emesso dallo stantuffo all'atto della chiusura del foro di riflusso, e in corrispondenza delle sue successive riflessioni. Ne risulta un diagramma di pressione « a scalini », come quello riportato nella figura 15. La prima parte del fianco attivo della camma non ha praticamente importanza. Interessa soltanto la velocità con la quale lo stantuffo inizia la pompata utile.

L'entità di questa velocità determina l'altezza degli « scalini » del diagramma di pressione.

2) Fenomeni di instabilità provocati dalla pompa tipo (1).

Il diagramma « a scalini » delle pressioni, che si verifica a causa del brusco aumento della pressione generato dallo stantuffo che chiude il foro di riflusso con velocità finita può essere anche accettabile per quanto riguarda la polverizzazione del combustibile, ma provoca, in determinate condizioni, dei fenomeni di instabilità che possono pregiudicare il buon funzionamento del motore.

Per esaminare la genesi e la natura di questi fenomeni è sufficiente costruire, per un motore provvisto di pompa tipo (1), i diagrammi delle pressioni d'iniezione e della quantità di combustibile iniettato per diverse velocità di rotazione.

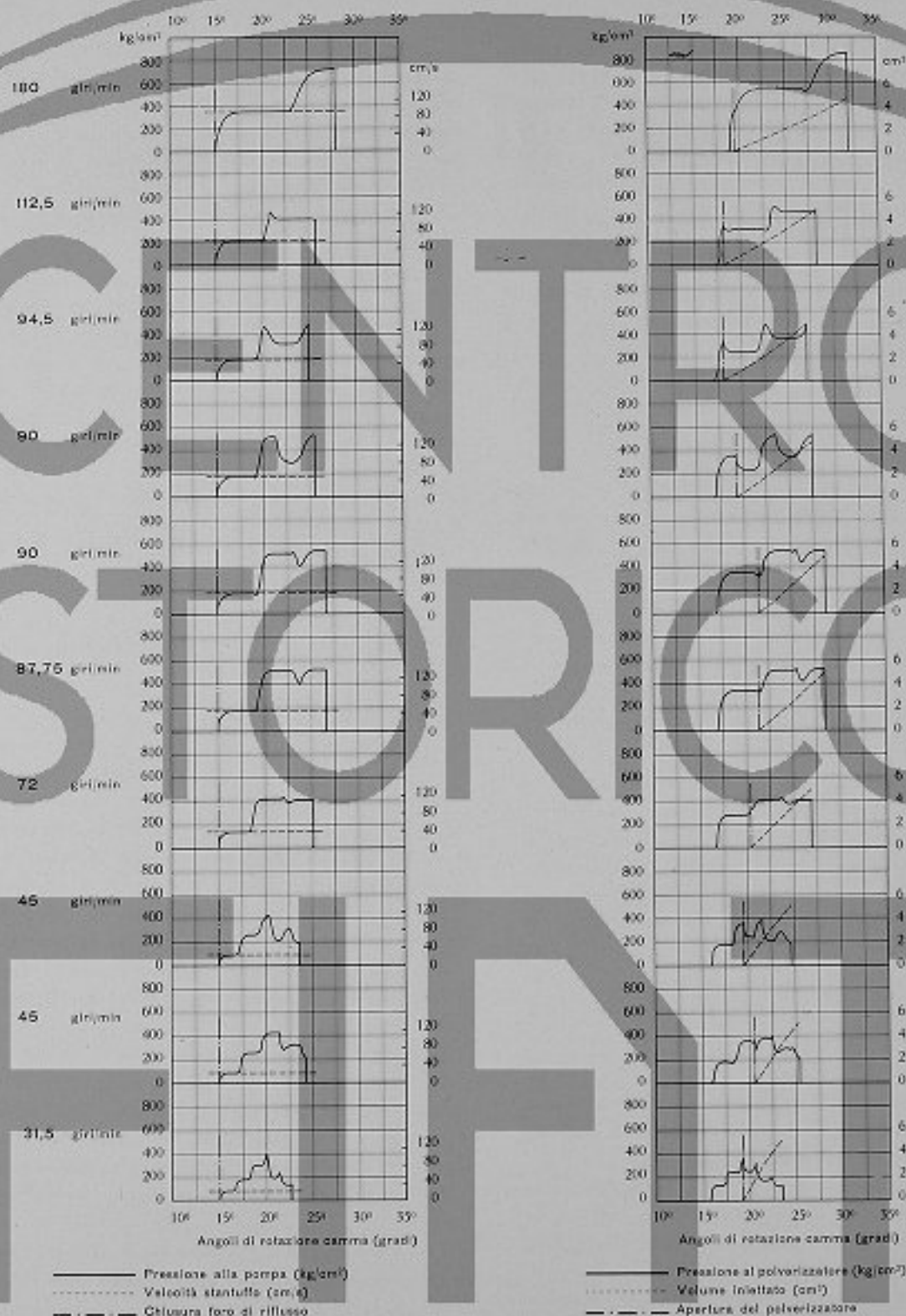
Nella figura 15 è riportata una serie di tali diagrammi per il motore FIAT tipo A 457 T. Allo scopo di rendere più evidente l'andamento « a scalini » dei diagrammi d'iniezione, è stato considerato nel calcolo un'apparato d'iniezione con caratteristiche leggermente diverse rispetto a quelle realmente adottate, per quanto sempre entro limiti realizzabili in pratica (v. nota 1).

Costruiti i diagrammi d'iniezione per diverse velocità di rotazione si determinano ora le durate d'iniezione, e quindi le posizioni delle cremagliere di regolazione, per una certa serie di valori della pressione media effettiva.

Nota 1. - Nei diagrammi di figura 15, come pure in quelli delle figure successive si è supposto che la pressione residua nella tubazione fra pompa e polverizzatore sia sempre nulla.

POMPA D'INIEZIONE

POLVERIZZATORE



CARATTERISTICHE DEL MOTORE

Ciclo	2 tempi
Numero cilindri	7
Diametro cilindri	450 mm
Corsa stantuffi	820 mm
Velocità di rotazione normale	180 giri/min
Potenza normale	1750 Cv

CARATTERISTICHE DELL'APPARATO D'INIEZIONE

Diametro pompa	33 mm
Diametro tubo mandata	6 mm
Lunghezza tubo mandata	5 m
Foratura pulverizzatore	10 ± 0,45 mm
Pressione di taratura pulverizzatore	350 kg/cm ²
Volume di nafta alla pompa	20 cm ³
Alzata camma	35 mm
Densità nafta a 15 °C	0,91 kg/dm ³

Fig. 15 - Motore FIAT tipo A 45 T - Diagrammi d'iniezione.

Con i dati così ricavati è possibile costruire un grafico particolarmente significativo (fig. 16) riportando, per i diversi valori della pressione media effettiva, in ascisse

56301 B

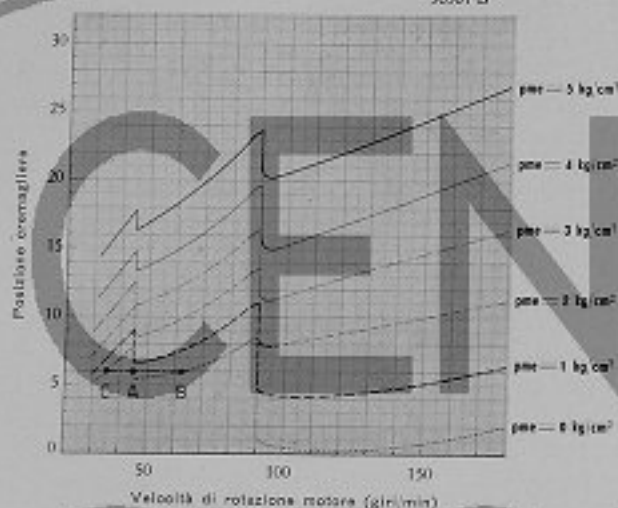


Fig. 16 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagrammi della posizione delle cremagliere di regolazione delle pompe, in funzione della velocità di rotazione, per diversi valori della pressione media effettiva (ricavato dai grafici della fig. 15).

la velocità di rotazione e in ordinate la posizione delle cremagliere di regolazione.

Si noti innanzitutto che quando il motore funziona intorno alle velocità di 90 giri/min e 45 giri/min, (v. anche i grafici della figura 15) l'apertura del polverizzatore avviene in corrispondenza della zona superiore di uno degli « scalini » del diagramma di pressione. Ciò significa che, data la forma della camma (a velocità costante), in prossimità delle due velocità di cui sopra una piccola variazione della velocità di rotazione determina uno spostamento notevole dell'istante di apertura del polverizzatore e quindi, per una determinata pressione media effettiva, della posizione delle cremagliere di regolazione del combustibile.

In altre parole, quando, al diminuire della velocità di rotazione, l'apertura del polverizzatore passa dal fianco di uno « scalino » al fianco di quello successivo, la posizione delle cremagliere corrispondente ad una pressione media effettiva costante si sposta bruscamente nel senso di « combustibile in aumento » e lo spostamento è tanto più grande quanto maggiore è l'ampiezza angolare dello « scalino ». Tale ampiezza corrisponde al tempo che un'onda di pressione impiega a percorrere nei due sensi il tubo fra pompa e polverizzatore.

Questo fatto può provocare sensibili inconvenienti. Si supponga ad esempio che il punto caratteristico del

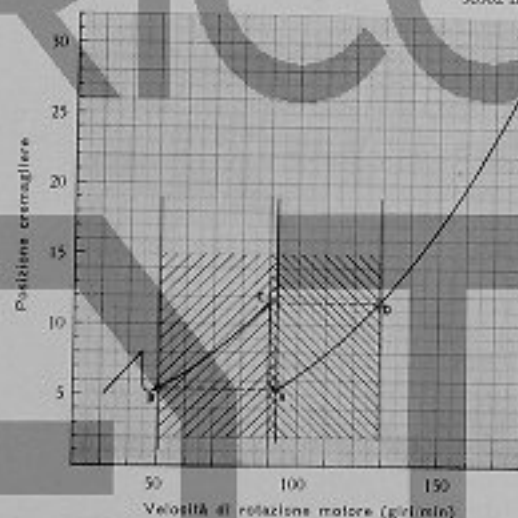
motore sprovvisto di regolatore di governo e funzionante a vuoto sia A (fig. 16). Qualora, ferma restando la posizione delle cremagliere, per una causa accidentale la velocità di rotazione aumenti anche di poco, la quantità di combustibile risulta superiore a quella necessaria a mantenere in equilibrio il motore. Il motore quindi accelera e si porta in B alla velocità di circa 65 giri/min. Analogamente, se funzionando il motore in A la velocità tendesse a diminuire, il punto caratteristico di funzionamento si porterebbe in C alla velocità di circa 36 giri/min.

Si può affermare in conclusione che il motore, funzionante a vuoto non è in grado di mantenere stabilmente la velocità di rotazione di 45 giri/min.

La stessa considerazione può essere fatta naturalmente per il motore funzionante ad un carico qualsiasi, purché la pressione media effettiva si mantenga costante al variare della velocità di rotazione.

Anzi non è nemmeno necessario supporre che la pressione media effettiva rimanga costante al variare della velocità di rotazione. È sufficiente che qualche zona della curva « posizione delle cremagliere-velocità di rotazione » percorsa dal motore al variare della velocità abbia derivata negativa perché il motore in quelle

56302 B



- ▧ Zona praticabile partendo da velocità basse
- ▨ Zona praticabile partendo da velocità elevate
- ▩ Zona d'instabilità

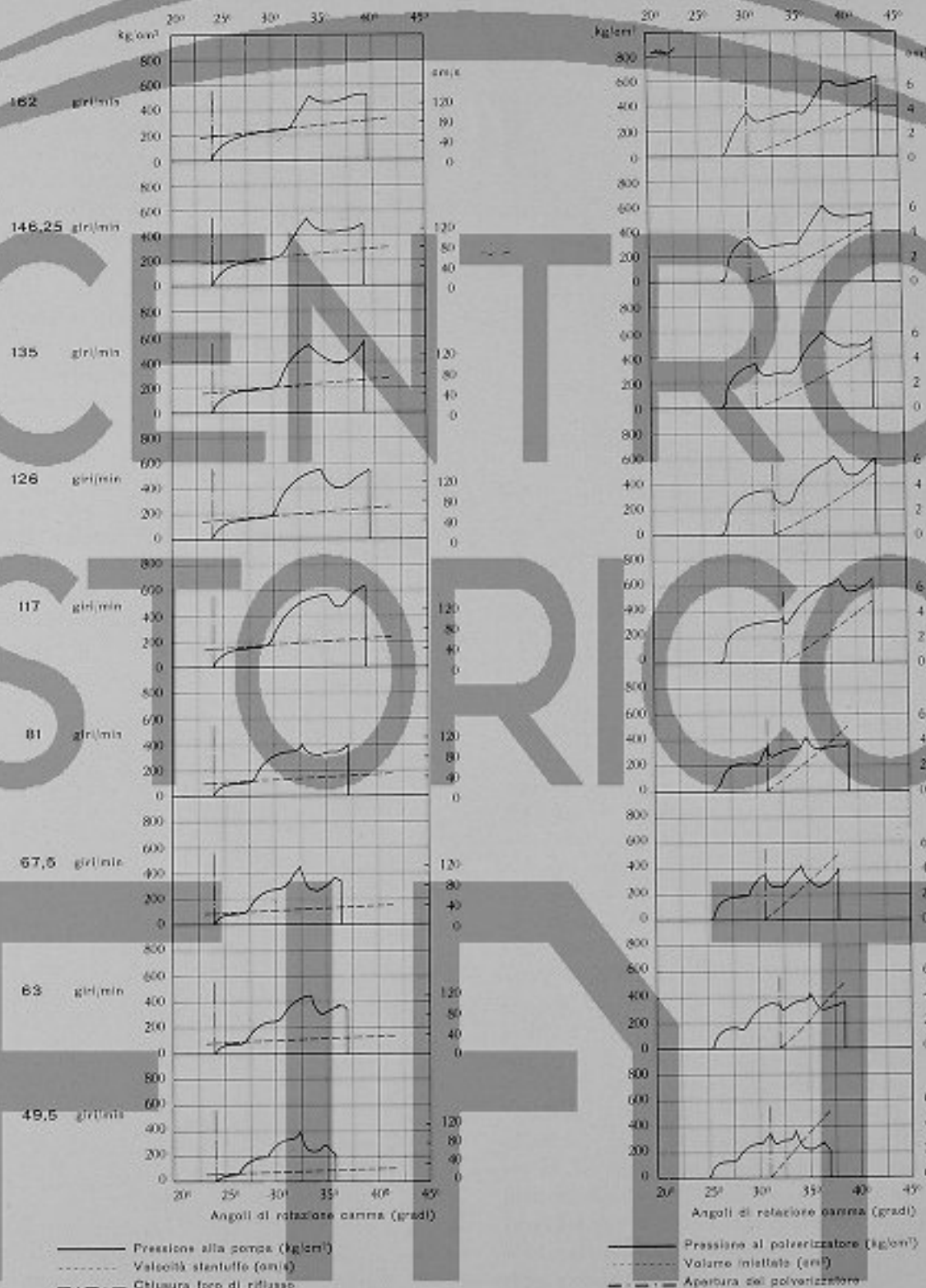
Fig. 17 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagramma della posizione delle cremagliere di regolazione delle pompe, in funzione della velocità di rotazione per motore marino (ricavato dai grafici di fig. 15).

zone non sia in grado di mantenere una velocità di rotazione stabile in assenza di un regolatore di governo.

POMPA D'INIEZIONE

POLVERIZZATORE



CARATTERISTICHE DEL MOTORE

Ciclo	2 tempi
Numero cilindri	7
Diametro cilindri	450 mm
Corsa stantuffi	820 mm
Velocità di rotazione normale	180 giri/min
Potenza normale	1750 Cv

CARATTERISTICHE DELL'APPARATO D'INIEZIONE

Diametro pompa	33 mm
Diametro tubo mandata	6 mm
Lunghezza leva mandata	5 m
Foratura pulverizzatore	10 x 0,45 mm
Pressione di taratura pulverizzatore	350 kg/cm²
Volume di nafta alla pompa	45 cm³
Alzata cattedra	35 mm
Densità nafta a 15°C	0,94 kg/dm³

Fig. 18 - Motore FIAT tipo A457 T - Diagrammi d'iniezione.

Fortunatamente esistono in pratica ben pochi utenti che assorbono un momento torcente, e quindi una pressione media effettiva, costante al variare della velocità di rotazione. In genere il momento assorbito aumenta con l'aumentare della velocità di rotazione.

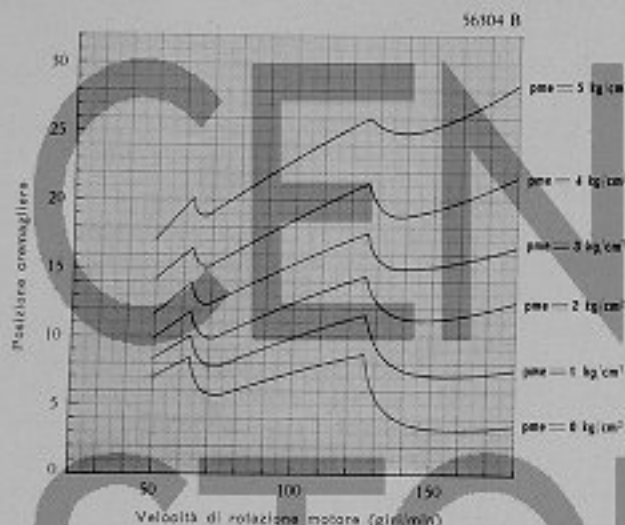


Fig. 19 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagrammi della posizione delle cremagliere di regolazione delle pompe in funzione della velocità di rotazione, e per diversi valori della pressione media effettiva (ricavati dai grafici della fig. 18). Il volume di nafta alla pompa è stato aumentato del 125% rispetto a quello adottato per la determinazione delle curve della fig. 24.

A titolo di esempio esaminiamo il caso di un motore marino che è sprovvisto in genere di regolatore di governo. In un impianto di propulsione il momento assorbito dall'elica, e quindi la pressione media effettiva richiesta al motore, è circa proporzionale al quadrato della velocità di rotazione. Nel diagramma di figura 17 è stata riportata la corrispondente curva « spostamento delle cremagliere-velocità di rotazione » per il motore FIAT tipo A 457 T già considerato, curva che rappresenta possibili stati di equilibrio del motore al variare della velocità di rotazione.

Dall'esame della curva si osserva che esistono due zone critiche, nell'intorno delle velocità di 90 giri/min e 45 giri/min. Il motore funziona ora a velocità elevate superiori a 130 giri/min; riducendo il combustibile iniettato, la velocità diminuisce e il punto caratteristico di funzionamento si sposta lungo la curva fino a raggiungere la posizione A (92,5 giri/min); da questo punto in poi, se il combustibile viene ulteriormente ridotto, il motore si sposta direttamente in B (51 giri/min) senza avere la possibilità di praticare le velocità comprese fra 92,5 giri/min e 51 giri/min. Con ragionamento analogo se, partendo

da velocità basse, si aumenta la quantità di combustibile iniettato e conseguentemente la velocità del motore aumenta, si vede chiaramente che il motore non può praticare le velocità comprese fra 90 giri/min (posizione C) e 129 giri/min (posizione D).

In conclusione, in vicinanza della velocità di 90 giri/min esistono due campi di velocità compresi fra 51 e 90 giri/min e 92,5 e 129 giri/min che il motore può praticare soltanto partendo da velocità rispettivamente più basse e più alte, mentre le velocità comprese fra 90 giri/min e 92,5 giri/min non possono essere mantenute in quanto in corrispondenza di esse il motore è instabile.

Lo stesso ragionamento vale naturalmente anche per la seconda zona critica nell'intorno della velocità di 45 giri/min.

Nella figura 20 è stata riportata la curva « spostamento delle cremagliere-velocità di rotazione » ricavata dai diagrammi d'iniezione della figura 18 per lo stesso motore marino già considerato, provvisto però di un apparato d'iniezione diverso (v. nota 2). Dall'esame della curva si nota che le zone critiche si sono spostate verso velocità più elevate e che in complesso la curva presenta un andamento leggermente più regolare, pur permanendo dei campi di velocità che non possono venire praticati.

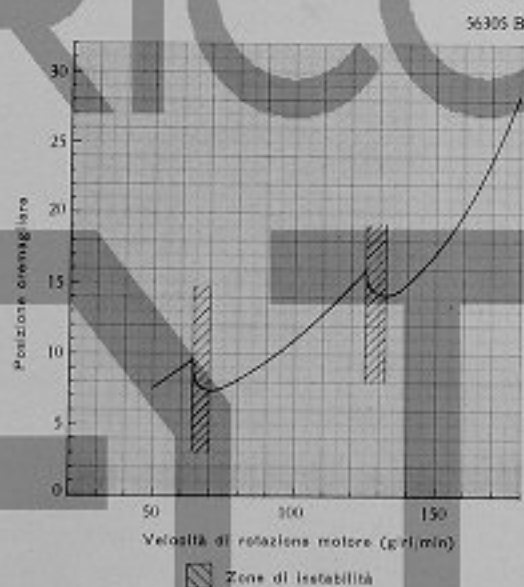


Fig. 20 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagramma della posizione delle cremagliere di regolazione delle pompe in funzione della velocità di rotazione per motore marino (ricavate dai grafici della fig. 18).

Nota 2. - È stata considerata una camma che fornisce il diagramma di velocità stantuffo riportato in figura 18, e inoltre è stato aumentato il volume di nafta contenuto nella pompa. Maggiori dettagli circa l'influenza di tali elementi sui fenomeni trattati sono riportati nel paragrafo 3.

Il caso del motore che fa parte di un gruppo elettrogeno è sensibilmente diversa in quanto il motore funziona generalmente a velocità costante ed è provvisto di regolatore di governo. Senza entrare nei dettagli della que-

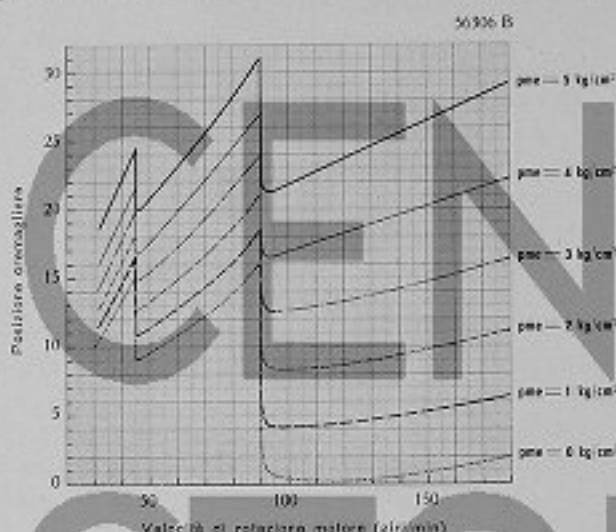


Fig. 21 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagrammi della posizione della cremagliera di regolazione della pompa, in funzione della velocità di rotazione, per diversi valori della pressione media effettiva. La lunghezza dei tubi di mandata della nafta, è stata aumentata del 75% rispetto a quella adottata per la determinazione delle curve della fig. 16.

stione, si comprende agevolmente che, qualora il motore funzioni in corrispondenza di una zona di instabilità, il regolatore dovrà svolgere un lavoro piuttosto gravoso e dovrà avere in genere caratteristiche superiori rispetto a quelle di un regolatore che debba mantenere il motore in una zona stabile della curva di regolazione.

3) Esame dei fattori che influiscono sui fenomeni di instabilità

Esaminiamo ora quali sono i principali fattori, la cui variazione è in grado di influire sui fenomeni trattati.

In genere tutti gli elementi che concorrono a determinare l'andamento delle pressioni di iniezione agiscono in misura minore o maggiore sui fenomeni descritti nelle pagine precedenti.

I più significativi sono:

a) *Lunghezza dei tubi del combustibile tra la pompa e il polverizzatore.* — Nel diagramma della figura 21 sono state riportate le curve « posizione delle cremagliere-velocità di rotazione » per diversi valori della pressione media effettiva del motore FIAT tipo A 457 T già considerato nella figura 15, nel quale la lunghezza

dei tubi tra pompa e polverizzatore sia stata aumentata da 5 m a 8,75 m, ferme restando le altre caratteristiche dell'apparato d'iniezione.

Confrontando le figure 16 e 21 si nota che, all'aumentare della lunghezza dei tubi, aumenta sensibilmente l'irregolarità delle curve.

Nel motore provvisto di pompa tipo (I) è necessario quindi che i tubi del combustibile non siano molto lunghi.

A tale proposito è opportuna però una precisazione. A rigore non è tanto la lunghezza assoluta dei tubi che conta quanto il prodotto della velocità di rotazione per la lunghezza dei tubi. Infatti, come è già stato spiegato nelle pagine precedenti, le zone critiche del diagramma « posizione delle cremagliere-velocità di rotazione » sono determinate dal passaggio dell'apertura del polverizzatore da uno « scalino » a quello successivo e sono tanto più accentuate quanto maggiore è l'ampiezza angolare dello « scalino », che d'altra parte è uguale al tempo impiegato da un'onda di pressione a percorrere nei due sensi il tubo fra pompa e polverizzatore. Tale ampiezza è espressa, in gradi di rotazione della camma, da:

$$\frac{12 \pi L}{v_s}$$

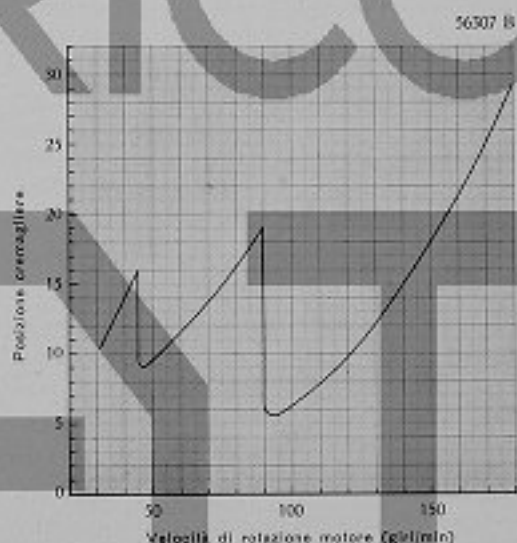


Fig. 22 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagramma della posizione della cremagliera di regolazione della pompa in funzione della velocità di rotazione per motore marino (ricavato dai grafici della fig. 21).

in cui:

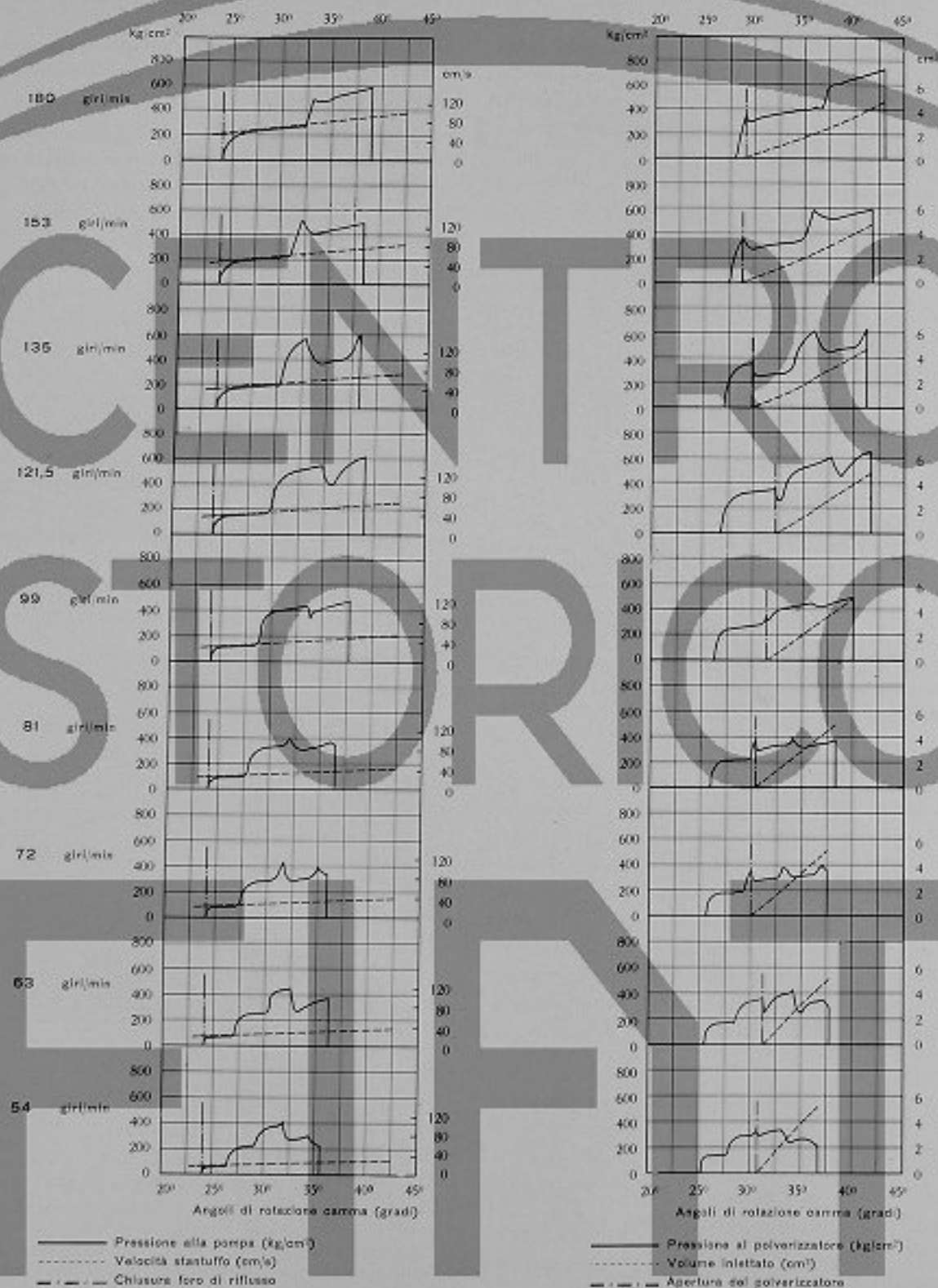
n = velocità di rotazione della camma (giri/min),

L = lunghezza del tubo (m),

v_s = velocità del suono nel mezzo considerato (m/s);

POMPA D'INIEZIONE

POLVERIZZATORE



CARATTERISTICHE DEL MOTORE

Ciclo	2 tempi
Numero cilindri	7
Diametro cilindri	45 mm
Corsa stantuffi	82 mm
Velocità di rotazione normale	180 giri/min
Potenza normale	1750 Cv

CARATTERISTICHE DELL'APPARATO D'INIEZIONE

Diametro pompa	33 mm
Diametro tubo mandata	5 mm
Lunghezza tubo mandata	5 m
Foratura pulverizzatore	10 e 0,45 mm
Pressione di taratura pulverizzatore	350 kg/cm²
Volume di nelfa alla pompa	45 cm³
Alzata camma	35 mm
Densità nelfa a 15 °C	0,91 kg/dm³

Fig. 23 - Motore FIAT tipo A 457 T - Diagrammi d'iniezione.

trascurando quindi le variazioni della velocità del suono in dipendenza delle variazioni di pressione, temperatura, ecc., della nalta, che sono di entità piuttosto limitata, l'ampiezza dello « scalino », e quindi della zona critica, è proporzionale al prodotto $n \cdot L$.

In definitiva è soprattutto nei motori lenti con tubi lunghi che questi fenomeni di instabilità sono maggiormente sentiti.

b) Pressione residua nell'apparato d'iniezione.

— Un aumento della pressione residua provoca semplicemente uno spostamento delle zone di instabilità verso velocità più basse senza alterarne praticamente le caratteristiche.

Pertanto si dovrà curare particolarmente, in sede di progetto, il dimensionamento della valvola di mandata, da cui dipende l'entità delle pressioni residue, allo scopo di evitare che qualche zona di instabilità non venga trasportata nel campo di funzionamento normale del motore.

Come già è stato spiegato, nel capitolo B, la valvola di mandata può dar luogo ad un funzionamento irregolare dell'apparato d'iniezione a causa della diversità delle pressioni residue fra due cicli successivi. Inoltre la pressione residua in genere non rimane costante ma varia con la velocità di rotazione e con la pressione media effettiva.

Si comprende pertanto come l'interazione tra il complesso di fenomeni provocato dalla valvola di mandata

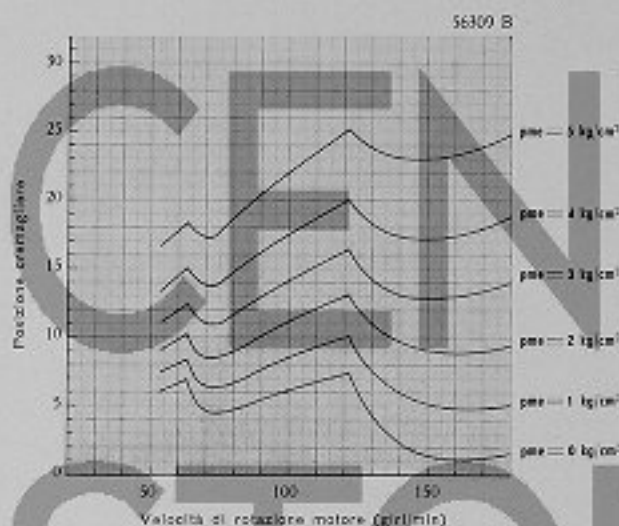


Fig. 24 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagrammi della posizione delle cremagliere di regolazione delle pompe in funzione della velocità di rotazione e per diversi valori della pressione media effettiva (ricavati dai grafici della fig. 23).

Si dovrebbe concludere quindi, secondo questo criterio, che i motori veloci dovrebbero avere delle lunghezze di tubo fra pompa e polverizzatore inferiori a quelle ammissibili per motori più lenti. D'altra parte all'aumentare della velocità di rotazione sono maggiormente sentiti quei fenomeni di smorzamento che rendono più graduale l'aumento della pressione nell'apparato all'atto della chiusura del foro di riflusso e quindi risultano più attenuate le zone di discontinuità della curva « posizione delle cremagliere-velocità di rotazione » (v. nota 3).

Nota 3. - Il coefficiente angolare della tangente alla curva delle pressioni alla pompa nell'istante iniziale (chiusura del foro di riflusso) è dato da:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P_0 v_s}{6 n v} A_t$$

essendo:

P_0 = pressione corrispondente alla velocità istantanea dello stantuffo (kg/cm^2),

v_s = velocità di propagazione delle onde nel mezzo (cm/s),

n = velocità di rotazione della camicia (giri/min),

v = volume di nalta alla pompa (cm^3),

A_t = sezione del tubo di collegamento tra pompa e polverizzatore (cm^2).

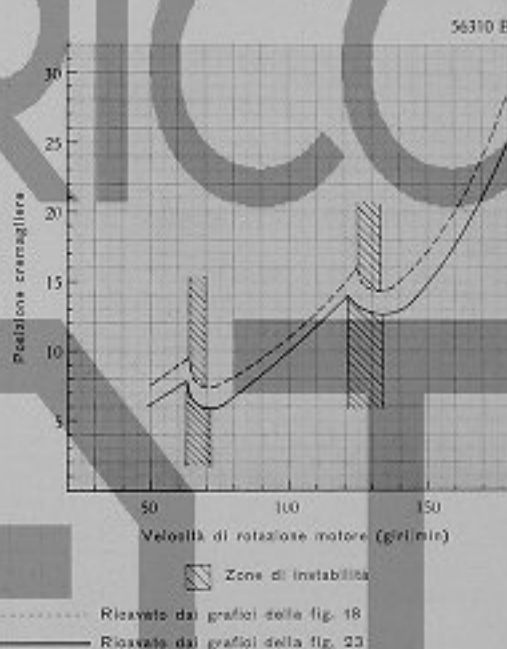


Fig. 25 - Motore FIAT tipo A 457 T

Diagrammi della posizione delle cremagliere di regolazione delle pompe, in funzione della velocità di rotazione per motore marino. La curva tratteggiata è stata determinata aumentando il volume della pompa del 125%, rispetto a quello adottato per la determinazione della curva a tratto pieno.

e quello provocato dalla forma a « scalini » del diagramma di pressione della pompa tipo (1) può dar luogo, in corrispondenza di determinati valori della

pressione media effettiva e della velocità di rotazione, ad un funzionamento assolutamente irregolare del motore.

c) *Taratura del polverizzatore.* — L'effetto della variazione della taratura del polverizzatore è simile a quello della variazione della pressione residua, in quanto provoca uno spostamento delle zone di instabilità. Pertanto, qualora una di tali zone capitasse in corrispondenza di un campo di velocità che interessa praticare, sarà possibile spostarla mediante una variazione della pressione di taratura del polverizzatore, che entro certi limiti non influisce sensibilmente sull'andamento dell'iniezione.

d) *Forma della camma.* — Come già è stato accennato in precedenza, l'influenza della forma della camma sui fenomeni trattati è piuttosto limitata, almeno per le forme di camma generalmente usate (ad archi di cerchio, a due o tre centri).

Negli esempi che precedono è stata considerata una camma a tre centri con velocità circa costante per un

certo tratto, a partire dall'istante corrispondente alla chiusura del foro di riflusso.

A titolo di esempio sono state tracciate nel diagramma di figura 24 le curve « *posizione delle cremagliere-velocità di rotazione* » per una camma a due centri, avente uguale ampiezza angolare e alzata massima di quella precedentemente considerata. Tali curve sono state ricavate dai diagrammi d'iniezione riportati nella figura 23.

Come si nota dal diagramma, le curve corrispondenti presentano delle zone di instabilità a velocità diverse (a causa della minore velocità dello stantuffo nell'istante di chiusura del foro di riflusso) e un andamento più graduale (a causa dell'andamento crescente, con l'angolo di camma, della curva di velocità dello stantuffo).

L'adozione di camme di forma particolare, che sono in grado di attenuare o eliminare completamente i fenomeni di instabilità, sarà discussa nel capitolo seguente.

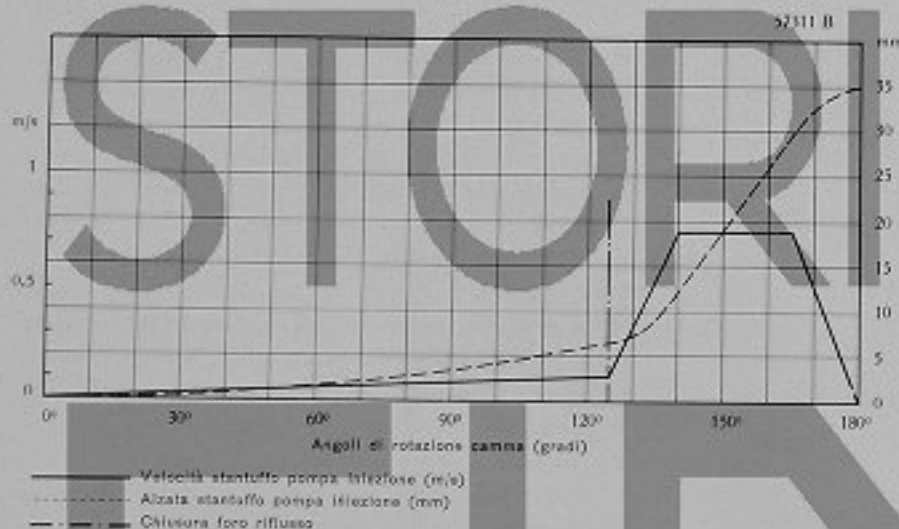


Fig. 26 - Pompa tipo (1) - Camma per pompa d'iniezione - Diagrammi di velocità e alzate dello stantuffo. (La velocità è piccola all'atto della chiusura del foro di riflusso).

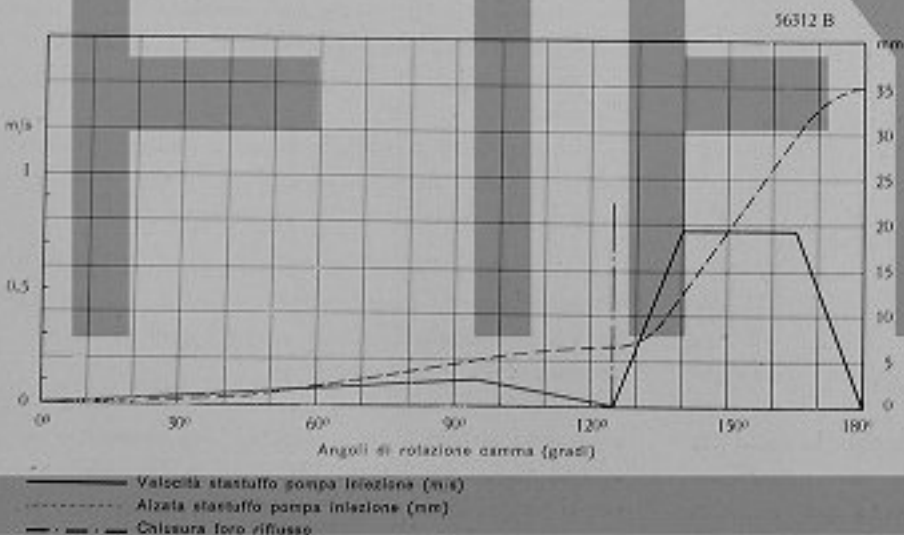


Fig. 27 - Pompa tipo (1) - Camma per pompa d'iniezione - Diagrammi di velocità e alzate dello stantuffo. (La velocità è nulla all'atto della chiusura del foro di riflusso).

e) *Volume di nafta alla pompa, sezione delle turbazioni del combustibile, velocità di rotazione del motore.* — L'aumento del volume di nafta alla pompa e della velocità di rotazione, e la diminuzione della

del volume di nafta contenuto nella pompa. Si nota da tali curve che, con l'aumentare del volume di nafta alla pompa, l'andamento della curva risulta più graduale.

4) Possibilità di eliminazione dei fenomeni di instabilità

Poiché i fenomeni di irregolarità di funzionamento propri delle pompe tipo (1) sono dovuti essenzialmente al brusco aumento della pressione nell'apparato d'iniezione all'atto della chiusura del foro di riflusso, per eliminarli sarà sufficiente realizzare un apparato in cui la pressione aumenti gradualmente, analogamente a quanto si verifica negli apparati provvisti ad esempio di pompe tipo (3).

Sono state studiate a questo scopo due possibilità che si ritiene siano di facile applicazione e che comportano l'adozione di camme di tipo particolare oppure una modifica della pompa, che non ne altera l'originale semplicità.

a) *Camme di tipo particolare.* — Due tipi di camme, che permettono di ottenere un aumento graduale della pressione nell'apparato d'iniezione, sono rappresentati nelle figure 26 e 27.

In esse la prima parte del fianco attivo è realizzata in maniera tale che nell'istante della chiusura del foro di riflusso la velocità dello stantuffo, e quindi la pressione da esso generata, sia molto piccola (fig. 26) o nulla (fig. 27).

La messa in pressione dell'apparato viene generata dalla zona successiva del fianco attivo, che può essere proporzionata in modo tale da ottenere di volta in volta la forma più opportuna del diagramma delle pressioni d'iniezione.

È necessario però osservare che, contrariamente a quanto succede per le camme di forma normale, con camme di questo tipo l'eventuale pressione residua, generata da un insufficiente proporzionamento della valvola di mandata, può modificare in misura sensibile l'anticipo d'iniezione.

Sarà opportuno pertanto in tal caso adottare la valvola di mandata descritta nel capitolo B, che garantisce in ogni caso l'annullamento della pressione residua.

b) *Pompa tipo (1) modificata.* — Nella figura 28 è schematicamente rappresentato un tipo di pompa che realizza la condizione imposta e che è derivata con lievi modifiche dalla pompa tipo (1).

In essa il combustibile entra attraverso una valvola di aspirazione mentre il foro praticato nel cilindro serve solo al riflusso del combustibile alla fine dell'iniezione e non viene mai scoperto dal bordo superiore dello stantuffo.

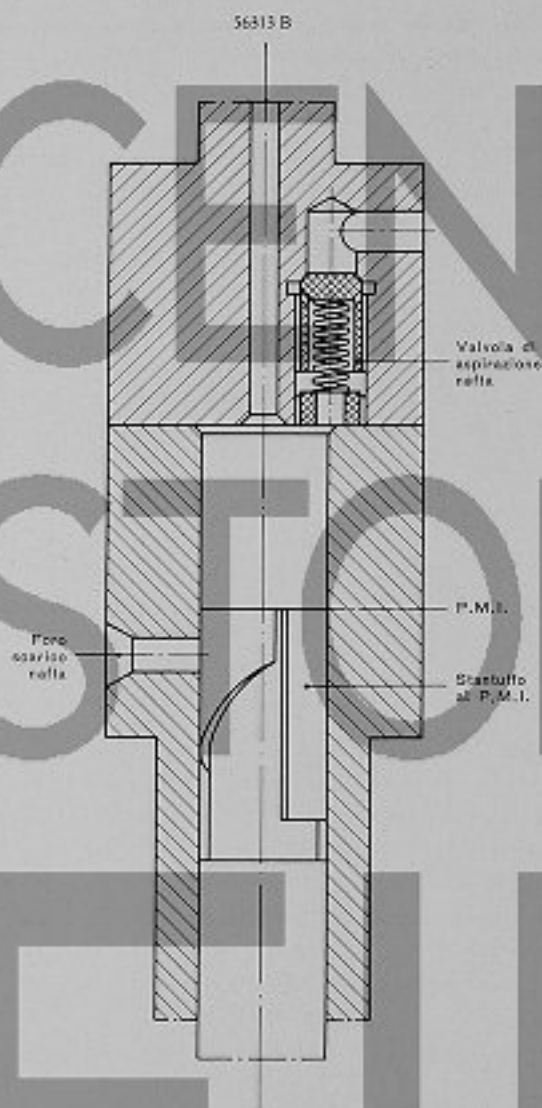


Fig. 28 - Schema della pompa d'iniezione tipo (1) della figura 1, modificata.

sezione dei tubi del combustibile provocano una diminuzione del coefficiente angolare della tangente alla curva delle pressioni alla pompa nell'istante iniziale (chiusura del foro di riflusso) e quindi danno luogo ad una messa in pressione più graduale dell'apparato d'iniezione (v. nota 3).

A titolo di esempio sono state tracciate in figura 25, per il motore marino già considerato, le curve « *posizione delle cremagliere-velocità di rotazione* » per due valori

Il funzionamento della pompa è perfettamente analogo a quello della pompa tipo (3) e dà luogo ad un diagramma d'iniezione del tipo rappresentato in figura 14. Essa è stata applicata con successo sul motore FIAT tipo B 487 T nel quale la pompa tipo (1), inizialmente prevista, aveva dato luogo agli inconvenienti descritti nelle pagine precedenti.

Tipi di pompe analoghi alla pompa tipo (1) modificata sono del resto ben conosciuti da lungo tempo, per quanto non ci risulti che la loro applicazione sia attualmente molto estesa.

D) CONCLUSIONE

In base alle considerazioni svolte nel presente articolo si può concludere quanto segue:

1) La pompa tipo (1) può dar luogo, soprattutto in determinate condizioni, a fenomeni di irregolarità di marcia del motore. In questi casi essa può essere convenientemente sostituita con la pompa tipo (1) modificata che, al basso costo ed alla semplicità costruttiva propria della

pompa tipo (1), unisce delle caratteristiche di funzionamento uguali a quelle della pompa tipo (3) ed è esente dagli inconvenienti descritti nel corso del presente articolo. Essa sembra particolarmente adatta, come del resto la pompa tipo (3), per motori a 2 e 4 tempi relativamente lenti e con tubi del combustibile tra pompa e polverizzatore piuttosto lunghi.

2) Nei motori a 4 tempi veloci, in cui è difficile realizzare, con la pompa tipo (3) o con la pompa tipo (1) modificata, delle pressioni d'iniezione che crescano con sufficiente rapidità, sarà opportuno adottare la pompa tipo (1), nella quale però vengano eliminati i fenomeni di irregolarità di funzionamento discussi nel capitolo B. Questo può essere ottenuto adottando una valvola di mandata con trafileamento.

Come già è stato indicato nelle pagine precedenti, i fenomeni di irregolarità di funzionamento, propri delle pompe tipo (1) e trattati nel capitolo C, sono poco sentiti nei motori veloci. In ogni caso però il tubo della nafta fra pompa e polverizzatore dovrà avere la minima lunghezza possibile.

Dr. Ing. ALBERTO GUGLIELMOTTI.

Parte degli studi e la raccolta dei risultati sono dovuti al P. I. Giorgio Becchi.

DUE NUOVE MOTONAVI PER SERVIZIO MISTO DELLA SOCIETÀ "ADRIATICA", DI NAVIGAZIONE



56221 R

Sono entrate in servizio sulle linee celeri Trieste-Istanbul e Genova-Istanbul, esercite dalla « Adriatica » Società per Azioni di Navigazione - Venezia, due motonavi gemelle: « San Marco » e « San Giorgio ».

Le due navi sono state costruite dai Cantieri Riuniti dell'Adriatico di Trieste, sotto la sorveglianza e per le più alte classi del Registro Italiano Navale e dell'American Bureau of Shipping e secondo le « Norme per la sicurezza della vita umana in mare ».

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

— lunghezza fuori tutto	112,00	m
— lunghezza tra le perpendicolari	98,00	m
— larghezza max fuori ossatura	15,50	m
— altezza: al ponte di coperta	9,60	m
al ponte principale	7,20	m
— immersione a pieno carico	5,24	m
— portata lorda (carico)	circa 1225	t
— stazza lorda	4795	t
— stazza netta	2604	t
— capacità di carico generale	circa 2100	m ³
— capacità di carico refrigerato	circa 62	m ³
— potenza motori principali CRDA-FIAT	2 x 2800	Cv
— velocità normale a mezzo carico	17	nodi
— velocità massima alle prove	18,7	nodi

LA NAVE

La nave è del tipo a sovrastruttura completa con due ponti continui, castello e tuga di poppa. Il cassero centrale è a tre ordini di sovrastrutture. Ha la prora fortemente slanciata, la poppa ad incrociatore e gli alberi a bipode, soluzione nuova ed elegante.

Lo scafo è quasi interamente saldato.

Vi sono quattro stive, due nella parte anteriore e due nella parte posteriore rispetto alla sala macchine, che sono servite da otto picchi da carico da 3 t ciascuno ed uno da 10 t.

La m/n « San Giorgio » può ospitare 214 passeggeri (74 di I, 42 di II e 98 di III classe) con la signorilità e comodità che distinguono le navi italiane.

Vi è installato l'impianto di stabilizzatori a pinne re-

trattili tipo « Denny Brown », per ridurre il rollio con mare agitato.

La nave è inoltre dotata di impianto radio goniometrico, radar, girobussola, scandaglio ultrasonico e solcometro elettrico.

progettato e costruito numerosi motori aventi cilindri di diametro 480 mm e funzionanti a $250 \div 280$ giri/min, sviluppanti la potenza normale continuativa di 300 Cv per cilindro; venti di questi motori a 6 cilindri sono stati installati su 5 navi della Soc. « Tirrenia » e sono



57028 B

Motore FIAT tipo 607 - Su ciascuna delle M.n. « San Marco », e « San Giorgio », sono installati due di questi motori.

IL MOTORE

L'apparato di propulsione è costituito da due eliche azionate da motori FIAT tipo 607, costruiti dai Cantieri Riuniti dell'Adriatico su licenza.

Questi motori sono stati studiati appositamente per la propulsione di navi da passeggeri e di navi leggere e veloci in genere.

Per queste navi è richiesto di solito un apparato motore di limitate dimensioni e peso e sono ammesse velocità di rotazione notevolmente superiori a quelle occorrenti per navi di tipo normale; queste esigenze sono però sempre accompagnate da quelle della massima economia di esercizio, economia che non si può ottenere se non prevedendo motori atti a bruciare combustibile di tipo pesante.

Per questo già da vari anni il nostro Stabilimento ha

stati descritti sul nostro Bollettino Tecnico n. 3 dell'anno 1953.

Il successo di questi apparati motori è stato buono, tanto che la Soc. « Tirrenia » ha successivamente ordinato altre navi per le quali sono stati costruiti 12 motori del tipo a 7 cilindri. In tutte queste navi i motori sono stati collegati alle eliche a due a due per mezzo di giunti elettrici e riduttori di velocità.

Altri motori di questa classe sono stati anche impiegati su navi mercantili di medio tonnellaggio.

I motori di cui sopra sono stati costruiti praticamente in parti uguali dal nostro Stabilimento e dallo Stabilimento Meccanico Ansaldo, nostro licenziatario.

I motori tipo 480 non permettono però di risolvere il problema di apparati di notevole potenza, in cui i motori siano collegati direttamente alle eliche, senza ricorrere a

un numero di cilindri eccessivo. E' risultata quindi la necessità di disegnare e costruire motori sempre relativamente veloci e con potenze unitarie per cilindro notevolmente maggiori.

I motori destinati alle navi « San Giorgio » e « San Marco » sono stati studiati in base a questa im-

postazione. I motori « San Giorgio » sono costruiti con 7 cilindri, per la potenza continuativa in servizio effettivo di 2800 Cv a 195 giri/min, usando come combustibile nafta pesante. Nelle prove in officina hanno sviluppato la potenza massima di 4600 Cv a 240 giri/min.

La impostazione generale del progetto, salvo il differente rapporto fra diametro e corsa, segue la costruzione standard di tutti i motori mercantili ed è molto simile a quella, ormai collaudata dall'esperienza, dei motori del diametro di 480 mm sopra citati.

Il motore è provvisto di cilindri aperti verso il basso con sottostante parete di divisione che separa i cilindri stessi dalla camera delle manovelle. Le minori dimensioni geometriche della macchina hanno permesso di costruire l'incastellatura, anziché a montanti separati collegati da traverse, a blocchi corrispondenti ciascuno a due cilindri semplificando così la lavorazione di officina e il montaggio.

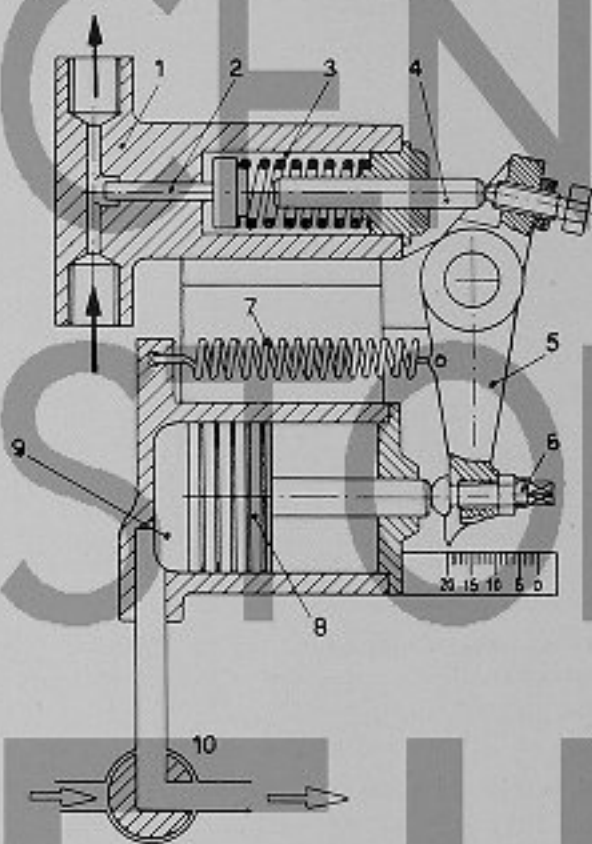
A causa del minor rapporto fra corsa e diametro, l'albero a gomiti non ha potuto essere eseguito come al solito semi-composto, ma è fucinato in tronchi di più cilindri: nel caso attuale vi sono due tronchi separati, uno per 4 cilindri ed uno per 3 cilindri. In corrispondenza dell'accoppiamento al centro del motore vi sono le ruote del comando per le pompe di iniezione e per il distributore di avviamento.

Come risulta da questa breve descrizione, dalle sezioni e dalla fotografia, il motore non differisce molto dalle costruzioni normali.

Ci sembra però opportuno segnalare all'attenzione del lettore la soluzione data a due particolari problemi che ci sono stati posti in occasione della costruzione di questi motori e cioè quello della possibilità di una regolazione dell'anticipo dell'iniezione del combustibile durante il moto e quello di una maggiore regolarità e migliore silenziamento dell'aspirazione della pompa d'aria.

Dispositivo regolatore dell'anticipo

Per desiderio dell'Armatore, il quale ha previsto di impiegare le navi in una linea comportante frequenti approdi con conseguente necessità di frequenti manovre, è stato studiato un dispositivo di regolazione dell'anticipo dell'iniezione.

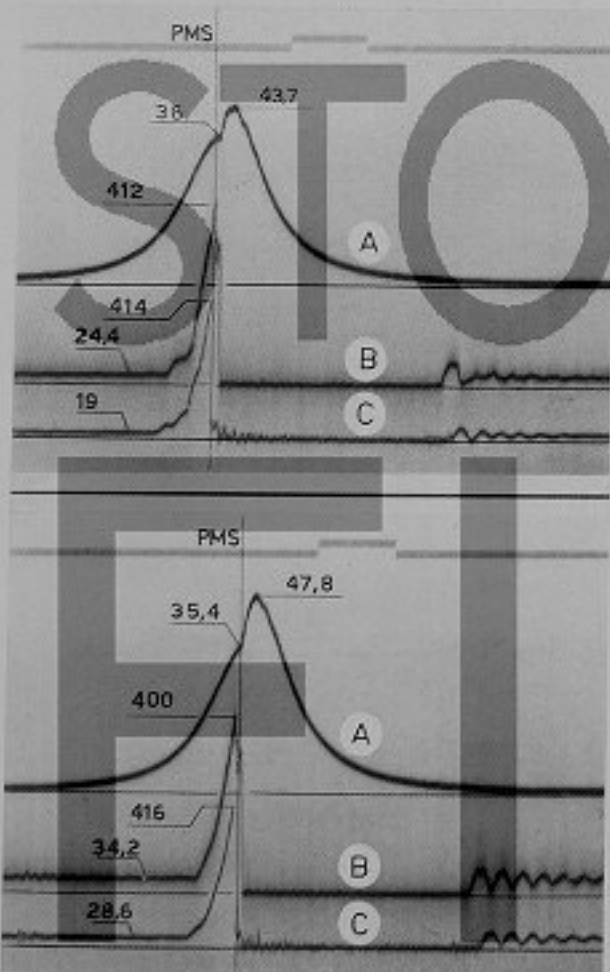
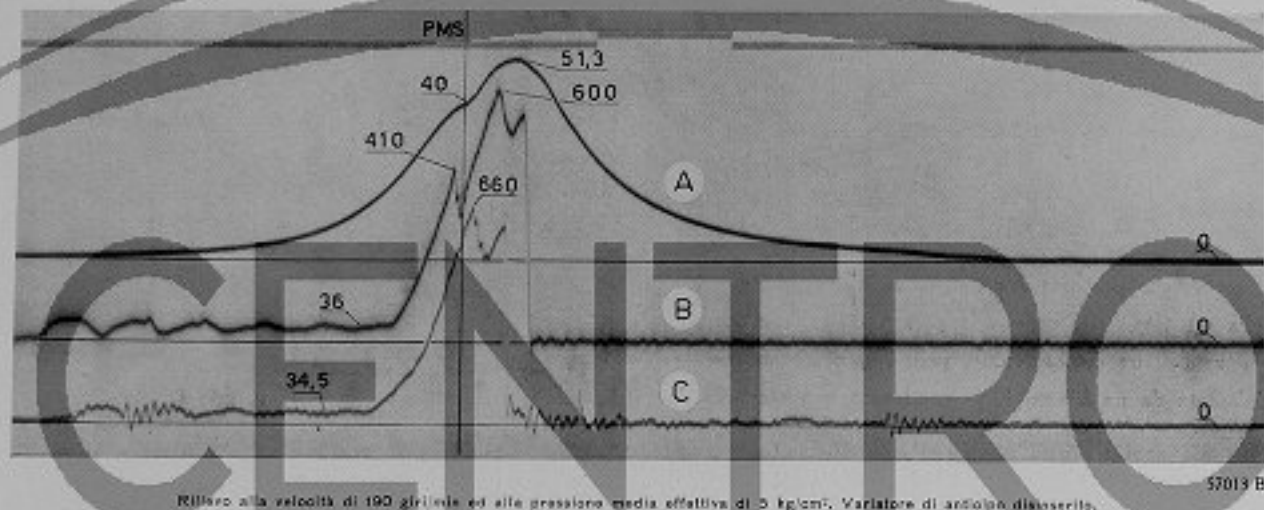


Dispositivo regolatore dell'anticipo dell'iniezione.

postazione; essi sono stati progettati per la potenza di 540 Cv/cil e per una potenza in esercizio continuativa compresa fra i 400 e i 500 Cv a seconda delle esigenze dei clienti, del combustibile impiegato, ecc.; come detto sopra è stato previsto fin dall'inizio la possibilità di impiegare combustibile pesante.

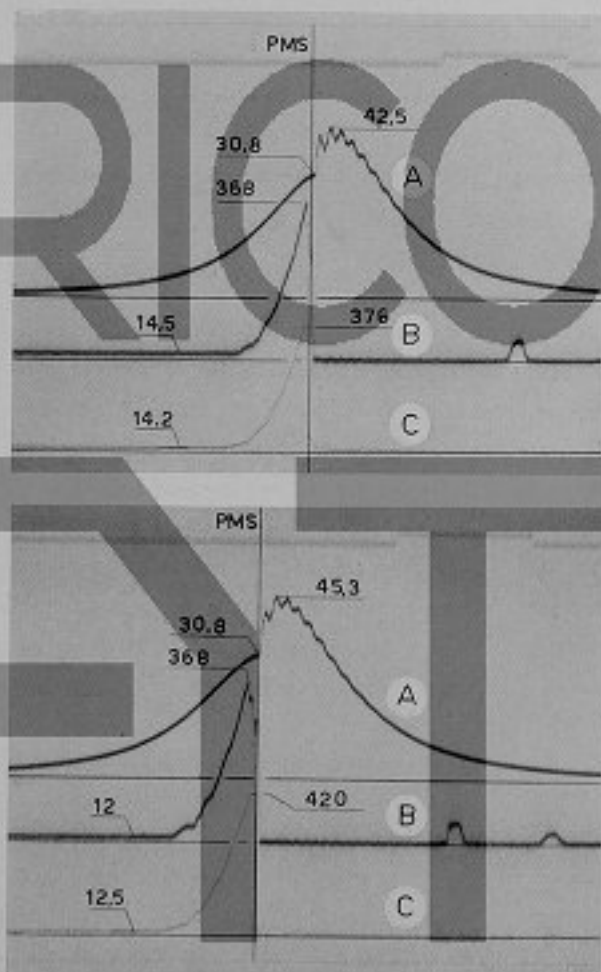
Le dimensioni geometriche dei cilindri sono 600 mm di diametro e 800 mm di corsa; la velocità di rotazione a seconda delle applicazioni può variare da 190 a 220 giri/min.

Nel caso attuale gli apparati motori delle navi tipo



Rilievo con variatore di anticipo inserito (sopra) e disinserto (sotto), alla velocità di 110 giri/min

57014 B



Rilievo con variatore di anticipo inserito (sopra) e disinserto (sotto), alla velocità di 60 giri/min

57015 B

Rilevi oscillografici delle pressioni (kg/cm²) interno cilindro (A), pressioni nella sul polverizzatore (B) e sulla pompa (C) di un cilindro del motore FIAT tipo 607. Confronto tra il funzionamento con e senza variatore di anticipo.

Con questo si desidera ridurre essenzialmente la pressione massima nei cilindri motori durante il periodo di manovra e durante il periodo di andatura a marcia lenta (passaggio del canale di Corinto); questo allo scopo di avere da un lato una marcia più silenziosa, ma principalmente di avere una maggiore regolarità di moto alle basse andature.

La variazione di anticipo è stata ottenuta applicando sulla tubazione che collega la pompa d'iniezione al polverizzatore, un dispositivo (v. pag. 78) costituito sostanzialmente da un blocco 1, in cui lavora uno stantuffo 2, soggetto da un lato alla pressione esistente nell'apparato d'iniezione e dall'altro al carico di una molla 3, opportunamente tarata.

Durante il funzionamento a dispositivo inserito, lo stantuffo 2, si sposta sotto l'azione della pressione, accumulando un certo volume di nalta che sottrae alla prima parte della pompata, e ritardando l'inizio della messa in pressione dell'apparato. Conseguentemente viene posticipato l'istante in cui al polverizzatore si raggiunge la pressione di apertura, e quindi l'inizio dell'iniezione.

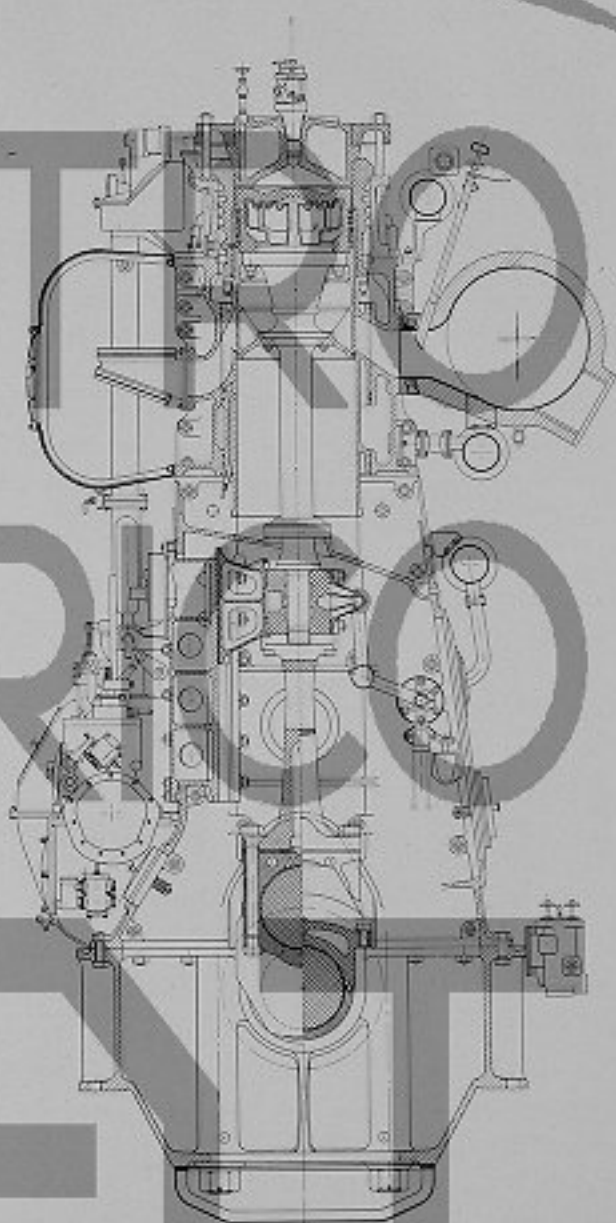
In condizioni di marcia normale lo stantuffo viene bloccato per mezzo del puntale 4, azionato attraverso il bilanciere 5 da pressione derivata dal circuito di lubrificazione, pressione d'olio che viene mandata sul fondo dello stantuffo 8. In queste condizioni lo stantuffo 2 non si muove e l'iniezione avviene in condizioni normali anche agli effetti dell'anticipo.

L'apparecchio è quindi bloccato per la maggior parte del periodo del servizio del motore e lo stantuffo 2 viene liberato soltanto quando si desidera ritardare l'iniezione. Il rubinetto 10 serve a mettere in comunicazione il cilindro 9 con il circuito di lubrificazione.

Apparecchi di questo tipo sono stati già provati ed applicati sui motori tipo 480 precedentemente citati e installati sulle navi della Soc. « Tirrenia », in cui le condizioni di manovra richiedono bruschi e rapidi passaggi da pieno carico a vuoto durante le manovre dei giunti elettrici che collegano i motori alle linee d'alberi. Su richiesta dell'Armatore sono stati applicati anche sui motori tipo 600 per quanto fosse minore la necessità d'impiego.

Sono stati eseguiti rilievi oscillografici (v. pag. 79) delle

pressioni di iniezione e della pressione nel cilindro motore in relazione all'uso di questo dispositivo. Sono state



Sezione trasversale del motore FIAT tipo 607.

riscontrate in condizioni di minor anticipo riduzioni del $5 \div 10\%$ della pressione massima nel cilindro motore; più notevole che il valore numerico della riduzione di pressione è stato giudicato il comportamento pratico del motore che alle basse andature con apparecchio inserito ha una marcia più tranquilla e meno rumorosa. Inoltre

con l'inserimento del dispositivo la velocità minima stabile si abbassa notevolmente.

La costruzione normale da noi impiegata per i motori ad alimentazione naturale è stata nella maggior parte dei



Sezione longitudinale del motore FIAT tipo 807. Si noti la pompa d'aria con due stantuffi coassiali e sfasati di 135°.

Pompa di lavaggio

La sistemazione di un apparato motore di notevole potenza (circa 6000 Cv) in un locale di macchina necessariamente di limitate dimensioni ha imposto il problema di rendere per quanto è possibile silenziosa l'aspirazione delle pompe d'aria.

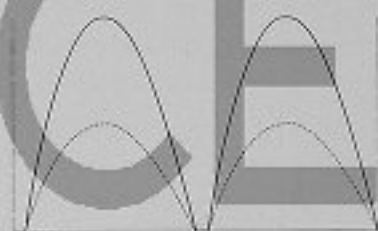
casi quella di avere una pompa unica disposta alla estremità del gruppo dei cilindri motori, ed azionata da unica biella con due o tre stantuffi in tandem a seconda della potenza dei motori.

Questa costruzione ha il vantaggio della massima semplicità ed in effetto non ha mai dato alcun incon-

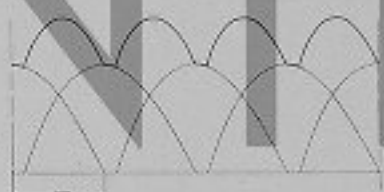
veniente di funzionamento o di manutenzione; ha soltanto lo svantaggio di dare una aspirazione pulsante con due massimi e due minimi per ogni giro (v. pag. 82). Malgrado l'impiego di ampie casse di aspirazione e di ugelli silenziatori non è possibile silenziare in modo completo l'aspirazione di queste pompe e non è possibile evitare attorno agli ugelli di aspirazione, in relazione ai

cessivamente applicata anche sui primi motori mercantili disegnati nel 1917-18.

Questa costruzione rappresentata nella sezione longitudinale di pagina 81 comporta due cilindri di pompa sovrapposti entro cui agiscono stantuffi a doppio effetto che lavorano sfasati fra di loro di un angolo di 135° . Lo stantuffo della pompa superiore è azionato da un'unica



Due stantuffi in tandem



Due stantuffi sfasati di 90°



Due stantuffi sfasati di 135°

Rappresentazione della velocità d'aspirazione dell'aria in pompe di lavaggio a due tempi a doppio effetto.

massimi o ai minimi di velocità di entrata d'aria, lievi variazioni di pressione che possono dare luogo a risonanze e a pulsazioni maggiorate in qualche parte del locale di macchina. Questi disturbi sono praticamente trascurabili sulle navi di tipo comune in cui il locale di macchina ha un notevole volume rispetto a quello della quantità d'aria in circolazione nel motore; possono assumere importanza maggiore quando si abbia una grande potenza e quindi una grande quantità d'aria in circolazione in un locale di limitate dimensioni.

Si potrebbe evidentemente eliminare totalmente questo inconveniente portando all'esterno l'aspirazione dei motori, ma con questo si verrebbe a rinunciare a quella quota molto notevole di ventilazione del locale di macchina ottenuta per effetto dell'aspirazione dei motori.

Il problema può essere risolto, come abbiamo fatto su vari motori di grande potenza, con l'impiego di pompe multiple; due pompe collegate fra di loro a 90° danno una regolarità di flusso già soddisfacente.

Questa costruzione ha l'inconveniente di allungare il motore e in molti casi non è compatibile con le dimensioni di ingombro richieste. Per questo si è ritenuto opportuno riesumare una costruzione da noi adottata 45 anni fa nei primi motori da sommergibili da noi costruiti e suc-

biella; lo stantuffo della pompa inferiore è azionato da due bielle e da due aste disposte simmetricamente rispetto alla biella e all'asta dello stantuffo superiore.

Questo tipo di pompa d'aria era stato adottato nei nostri primi motori principalmente allo scopo di regolarizzare il flusso dell'aria dal lato della mandata, e per avere una pressione più costante nei serbatoi di lavaggio. Per quanto l'idea di avere nei serbatoi di lavaggio una pressione per quanto possibile uniforme fosse del tutto logica, l'esperienza pratica in numerose prove da noi eseguite non ha mai permesso di rilevare una differenza di comportamento del motore in funzione della regolarità della pressione nel serbatoio di lavaggio.

Per questa ragione e per conseguire una certa semplificazione costruttiva, questo sistema fu abbandonato a partire dal 1925. Esso è stato ripreso in questi ultimi anni non più per migliorare la regolarità e la pressione di mandata, ma bensì per aumentare la regolarità del flusso d'aria durante la fase di aspirazione, specialmente in quegli apparati motori in cui siamo stati obbligati a sistemare grandi potenze in spazi limitati. Citiamo ad esempio un'applicazione di questo genere sui motori a 10 cilindri tipo 750 impiegati in numero di due per una potenza complessiva di oltre 16 000 Cv su ognuna

delle m/m tipo « Africa » « Asia » « Victoria » ed « Europa » (ved. Bollettino Tecnico 3-1954).

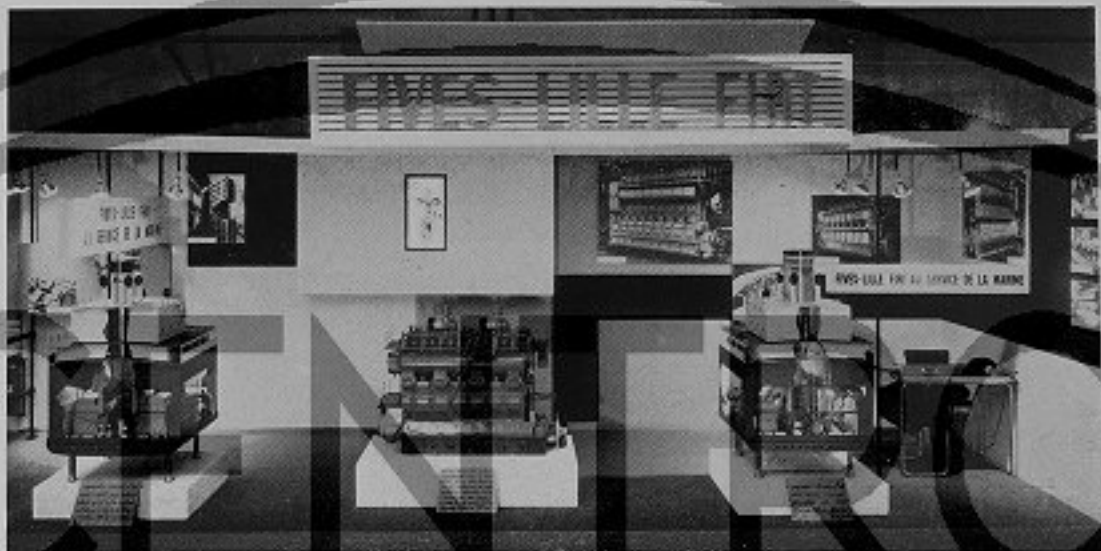
Nel caso dei motori tipo 600 è stato scelto il calettamento di 135° in luogo di 90° per motivi di bilanciamento delle masse, ottenendo però ugualmente un flusso d'aria in pratica soddisfacente (v. pag. 82).

Crediamo utile aggiungere che, malgrado l'apparente complicazione, il comportamento meccanico delle pompe di lavaggio così costruite è sempre stato, non solo sui motori attuali ma anche in quelli delle nostre prime costruzioni, sempre privo di inconvenienti.

Può essere interessante ricordare che questo tipo di

costruzione per le pompe d'aria è anche conveniente per i motori che debbono essere sovralimentati e sui quali non sia possibile, per ragioni costruttive come nei motori tipo 480 e 600 a corsa corta, sistemare in modo soddisfacente pompe d'aria multiple azionate dagli stantuffi motori. L'applicazione di pompe a stantuffo in serie con le soffianti centrifughe di sovralimentazione richiede una sufficiente regolarità di aspirazione da parte delle pompe a stantuffo, regolarità che non può essere ottenuta da pompa a stantuffi singoli, ma che è data senza difficoltà da pompe con stantuffi opportunamente sfasati.

R. De P.



56288 B

XXII SALONE NAUTICO INTERNAZIONALE

PARIS - 28 Settembre - 14 Ottobre 1956

Questa manifestazione, che di anno in anno sta assumendo un carattere più importante e grandioso, ha visto la partecipazione di più di 400 espositori di cui una gran parte provenienti dall'estero, e principalmente dall'Italia, Regno Unito, Danimarca, Paesi Bassi, Germania, U. S. A., Svizzera, Svezia.

La nostra licenziataria francese « Compagnie de Fives-Lille » ha partecipato per la prima volta a questo salone con uno stand molto ben concepito e decorato dove erano esposti il modello del nostro motore sovralimentato tipo C 757 S ed i due modelli dell'apparato motore di una nave del tipo Liberty, prima e dopo la trasformazione con motore FIAT tipo A 686.



Il Presidente della Repubblica Francese Sig. René Coty esprime parole di elogio per il Direttore Generale della Compagnie de Fives-Lille, Sig. F. Battestini, per lo Stand presentato dalla Fives-Lille con la collaborazione della FIAT.

56287 B



CENTRO STORICO FIAT

Pubblicazione trimestrale - Direttore Responsabile: Dott. Ing. LUCIANO TRABUCCO

Registrato al Tribunale di Casale Monferrato in data 15 Marzo 1955 con il N. 49

Spedizione in abbonamento postale - Gruppo IV

CENTRO STORICO FIAT



FIAT G91 - Caccia leggero a getto da appoggio tattico, il cui progetto è stato scelto per la costruzione a seguito di concorso internazionale NATO - Turbogetto: Bristol Orpheus.