

FIAT STABILIMENTO GRANDI MOTORI

BOLLETTINO TECNICO

VOL. XIV - N. 3 - LUGLIO-SETTEMBRE 1961





In copertina: La piattaforma mobile per ricerche petrolifere "Gatto Selvatico", dell'AGIP MINERARIA, che costituisce la prima piattaforma mobile autosufficiente realizzata in Italia, dotata di sei motori FIAT 230 ESS.

Tecniche di misura nel campo della termofluidodinamica applicata alle turbine a gas

Dott. Ing. Carlo Martini Pag. 57

Il motore 230 - Ulteriori sviluppi nei vari campi di applicazione

Dott. Ing. Silvano Innocenti - Torrini Pag. 75

Piattaforme mobili per perforazioni sottomarine

Pag. 84

FIAT STABILIMENTO GRANDI MOTORI

TORINO (ITALIA)

VOLUME XIV - N. 3

BOLLETTINO TECNICO

VIA CUNEO N. 20

LUGLIO - SETTEMBRE 1981

TECNICHE DI MISURA NEL CAMPO DELLA TERMOFLUIDODINAMICA APPLICATA ALLE TURBINE A GAS

Le presenti note si propongono, nella vastità dell'argomento, uno scopo piuttosto limitato: quello di illustrare le principali tecniche di misura da un punto di vista prevalentemente pratico e con particolare riferimento ai metodi di uso più corrente presso il Centro Turbine FIAT.

Tale illustrazione sarà preceduta da alcuni cenni introduttivi circa il ruolo e le esigenze delle tecniche stesse nello specifico campo turbinistico e si concluderà infine con una breve rassegna di esempi di applicazioni, scelti fra i più indicativi, nell'ambito delle attrezzature del Centro anzidetto.

Considerazioni introduttive.

Il ruolo della termofluidodinamica sperimentale nel campo delle turbine a gas, può considerarsi implicito nella concezione stessa delle macchine di questo tipo, il cui sviluppo è infatti strettamente condizionato non soltanto all'impiego di materiali pregiati o alla soluzione di speciali problemi meccanici, ma anche al superamento delle difficoltà insite nella complessa e quasi sempre imprevedibile natura delle trasformazioni reali del fluido operante all'interno di ogni singolo elemento costitutivo, per il conseguimento finale dei più elevati rendimenti parziali e complessivi.

Considerazioni tecniche ed economiche portano a sfruttare a tale scopo due altre proprietà caratteristiche di ogni turbomacchina: quella cioè di essere scomponibile, agli effetti sperimentali, nei suoi gruppi ed elementi diversi e quella inoltre di consentire, per ciascuno di essi, un'ampia gamma di possibili simulazioni del funzionamento reale, a loro volta basate sulla disponibilità di appositi impianti. Particolari vantaggi sono offerti a questo riguardo dal ricorso a gruppi o modelli espressamente concepiti per la massima estensione delle indagini e nel contempo per la riduzione al minimo indispensabile degli oneri relativi agli impianti predetti.

I gruppi ed elementi da considerare comprendono in pratica anzitutto i tre componenti fondamentali, ossia il compressore, assiale o centrifugo, la turbina propriamente

detta e le camere di combustione; in secondo luogo i loro elementi essenziali come le palettature fisse e rotanti, i collettori di entrata e uscita ecc.; in terzo luogo gli eventuali elementi esterni, quali gli scambiatori di calore e i refrigeranti, con i relativi condotti di unione.

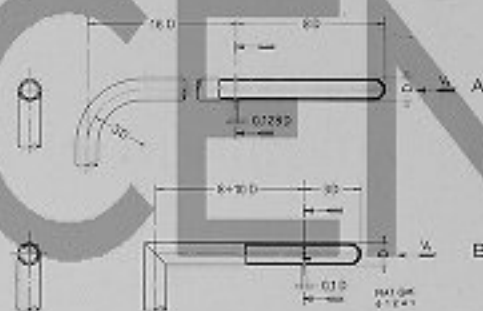
La sperimentazione dal punto di vista termofluidodinamico dei componenti ed elementi costitutivi suddetti si traduce in pratica nella esecuzione di una serie di misure a prefissati regimi, reali o simulati, con lo scopo sia di ricavare un prestabilito insieme di parametri indicativi del comportamento globale dell'elemento considerato, sia di analizzare, dove necessario, l'andamento stesso della trasformazione per un'approfondita interpretazione del comportamento globale suddetto. Tali misure possono essere anche integrate, in qualche caso, da speciali forme di osservazione diretta, con diversi metodi di visualizzazione del flusso.

Senza considerare singolarmente i parametri sopra accennati, che costituiscono specifico oggetto della teoria delle turbomacchine, basterà precisare che le misure su cui si basa la loro determinazione riguardano in pratica le seguenti grandezze:

- pressioni statiche e totali (« di impatto »), medie o localizzate;
- velocità locali del flusso e relative direzioni angolari;
- portate di gas e di liquidi;

- temperature, medie o localizzate;
- spinte dinamiche;
- velocità di rotazione, coppie e potenze.

Le misure di portate, di pressioni statiche e di temperature medie si estendono, di massima, alla generalità dei casi: quelle di pressioni, temperature, velocità e direzioni angolari localizzate sono richieste prevalentemente



A - Sonda tipo A.S.M.E. B - Sonda tipo Prandtl

Fig. 1 - Sonda "campione", per misure di pressione statica.

dalle analisi interne; quelle di spinta possono essere collegate alla funzione dell'elemento in esame oppure destinate a speciali deduzioni, mentre infine i rilievi di velocità di rotazione, coppie e potenze sono ovviamente caratteristici delle sole prove e indagini su componenti o elementi rotanti.

Le esigenze cui tali misure devono di massima rispondere, nel campo qui considerato, sono molteplici e sotto molti aspetti piuttosto contrastanti tra loro. Esse possono elencarsi come segue:

- *elevata precisione*, in relazione con il carattere generalmente rigoroso delle determinazioni da eseguire;
- *minimo ingombro e minimo disturbo aerodinamico degli elementi rivelatori interni*, in relazione con le dimensioni dei passaggi sui particolari in esame e specialmente nei casi, molto frequenti, di *misure multiple contemporanee* in una stessa sezione;
- *sufficiente robustezza* degli elementi predetti, contro ogni rischio di rottura e di conseguente danneggiamento dei particolari in esperimento;
- *rapidità di lettura*, quale è imposta dalla necessità di *limitare la durata e quindi il costo delle prove*, specialmente nei casi di misure multiple, contemporanee o successive;
- *facilità di lettura e di manovrabilità a distanza*, ossia in locali separati dalle Sale o Celle di prova, nei casi, molto comuni, di rumorosità intollerabile o quando esistano particolari motivi di prevenzione anti-infortunistica.

Si tratta, come è facile dedurre, di esigenze che richiedono quasi sempre soluzioni di compromesso e che possono pertanto essere soddisfatte in misura accettabile solo attraverso uno studio accurato di ogni singolo problema e con un'esteso ricorso a preventive operazioni di taratura.

Si può così affermare che ogni installazione di prova esige, fra l'altro, un *progetto delle strumentazioni*, da eseguirsi con accurate scelte dei singoli sistemi in funzione, sia di un preciso programma delle ricerche, sia delle dimensioni degli elementi in esperimento e delle caratteristiche generali dell'installazione stessa. Esso si estende, normalmente, dagli elementi rivelatori alle disposizioni di lettura, che per rispondere ad alcuni dei requisiti di cui sopra, devono sfruttare, dove possibile, i più moderni metodi di registrazione multipla automatica o, in qualche caso, il rilievo fotografico.

Passando, dopo questa sommaria premessa, alla considerazione dei singoli sistemi di misura, sarà fatto riferimento alla suddivisione fra le varie grandezze già elencate, con l'ulteriore distinzione fra elementi rivelatori, strumenti di lettura o registrazione e dispositivi accessori per le manovre a distanza. Un cenno a parte sarà dedicato ai metodi di osservazione diretta o visualizzazione.

1) Misure di pressioni.

Le misure qui considerate si distinguono dai casi più comuni e più semplici non solo perché riguardano generalmente fluidi in moto (quasi sempre compressibili) a velocità più o meno elevate, ma anche perché tale moto è molto spesso imprevedibile nel suo andamento tridimensionale. A tale ultima circostanza, che rende più o



Fig. 2 - Sonda per rilievi di pressione statica tipo N.A.C.A. a "cuneo".

meno difficoltosa la distinzione fra pressioni statiche e totali, caratteristica di ogni filetto di corrente, possono aggiungersi infine le incognite relative a fenomeni di instabilità nel tempo o a regimi di velocità critici con formazione conseguente di onde d'urto.

Le incertezze relative al moto del fluido, supposto costante nel tempo, comportano di massima la necessità di misure multiple interne, da eseguirsi sempre con particolari accorgimenti; quelle riguardanti la instabilità nel tempo richiedono spesso un'analisi a parte con appositi sistemi di rivelazione e registrazione; quelle relative infine ad eventuali regimi critici vengono preferibilmente affrontate in forme indirette non richiedenti, in tal caso, altre tecniche speciali.

a) Pressioni costanti nel tempo.

— **Elementi rivelatori per misure di pressioni statiche.** Un'indicazione di pressione statica può essere fornita da semplici forature sulla parete stessa del condotto oppure da sonde opportunamente disposte nel suo interno.

Le forature in parete del condotto sono impiegabili, per quanto sopra accennato, solo quando il moto possa ritenersi per filetti rettilinei e paralleli alla parete stessa, ossia ad esempio, nel caso di tubazioni esenti da curvature o da disturbi di altro genere in vicinanza della zona prescelta. Il metodo è adatto in tal modo soprattutto per misure di valori medi in prefissate sezioni rispondenti a tali requisiti, le quali vengono, a tale scopo, provviste di forature multiple uniformemente intervallate e collegabili a strumenti di lettura singoli (per il controllo dell'uniformità delle loro indicazioni) oppure ad uno strumento unico che fornisce in questo

Le sonde sono di vario tipo, ma possono tutte ricondursi schematicamente al concetto di elementi immersi nella corrente e provvisti di forature in opportune zone dove il flusso possa considerarsi indisturbato, rettilineo e aderente alla loro superficie. Esse forniscono direttamente solo misure locali (dalle quali possono essere comunque ricavati anche i valori medi), richiedendo inoltre un preventivo orientamento secondo la direzione del filetto fluido.

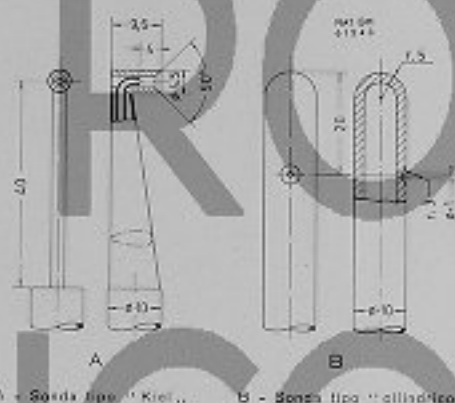


Fig. 4 - Sonde per rilievi di pressione totale ad elevata "insensibilità" angolare.

Il tipo più noto di sonda statica è costituito da un piccolo tubo cilindrico, adeguatamente sostenuto, con testa di varie forme, e forature di dimensioni minime distanziate in misura notevole sia dalla testa stessa che dal sostegno. Tale soluzione, rappresentata in alcune sue varianti nella fig. 1, è la più rispondente ai desiderati requisiti di precisione ma è anche in pratica la meno impiegata, a causa soprattutto della lunghezza che viene ad assumere l'elemento sensibile. Essa trova invece la sua razionale utilizzazione come strumento campione.

Le sonde statiche di uso più corrente sono, per quanto sopra, tutte di tipo accorciato e per tale motivo soggette ad errori più o meno rilevanti da determinarsi con forature preventive. Esse possono assumere diverse configurazioni, essendo però realizzate prevalentemente per il rilievo contemporaneo, oltre che delle pressioni statiche, anche delle totali e delle direzioni angolari, così da rientrare in una più generale categoria di sonde « statiche-totali-direzionali » che è preferibile esaminare più avanti, nel paragrafo dedicato alle misure di velocità.

Un esempio pregevole di sonda concepita per misure di sola pressione statica è quello schematizzato in fig. 2, che è caratterizzato, fra l'altro, da un'elevata sensibilità angolare, basata sulla possibilità di confronto fra le indicazioni dei due fori simmetrici.

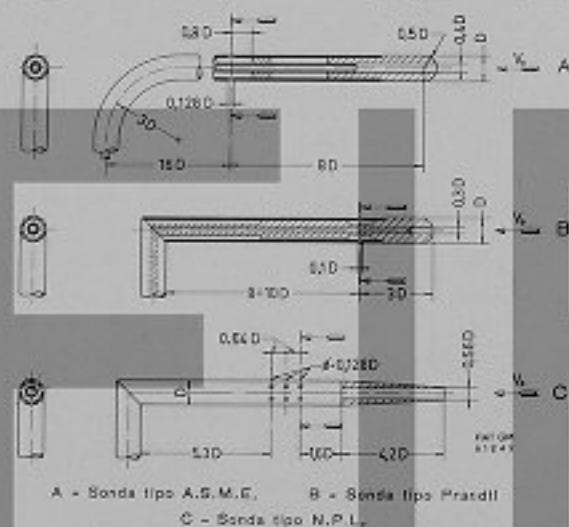


Fig. 3 - Sonde "campione" per rilievi di pressione totale e statica.

caso direttamente la media desiderata. Requisiti essenziali per una misura attendibile sono anche l'assenza di ogni minima sporgenza in corrispondenza delle forature predette e la minima rugosità delle pareti del condotto.

— *Elementi rivelatori per misure di pressioni totali.*

Le pressioni totali, o « di impatto » (intese come somma di una pressione statica e di un termine dinamico, corrispondente alla velocità del fluido) vengono fornite localmente da sonde più o meno corrispondenti al noto tubo di Pitot, ossia da elementi provvisti essenzialmente di un foro di presa frontale, da orientarsi in direzione del flusso.

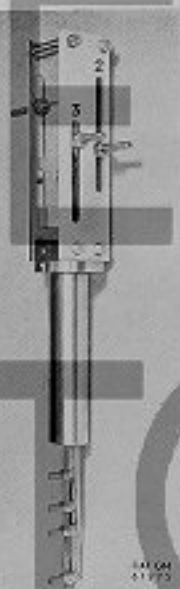


Fig. 5 - Sonda multipla "totale", tipo Kiel.

Sono visibili nella parte superiore due dei quattro attacchi esterni (numeri 2 e 3).

Tali sonde possono suddividersi in due gruppi principali: quelle che presentano un'elevata sensibilità angolare e devono pertanto essere orientate in modo piuttosto rigoroso e quelle costruite invece con artifici tali da rendere minima la sensibilità suddetta, e da richiedere perciò solo un orientamento approssimato entro limiti abbastanza larghi.

Il primo gruppo comprende sia il classico tubo di Pitot nelle sue diverse varianti, generalmente realizzate anche con prese statiche (fig. 3) e impiegabili soprattutto come elementi campione, sia una serie di tipi accorciati, provvisti in pratica anche di prese statiche e direzionali, che costituiscono quindi la categoria già menzionata di cui si tratterà più avanti. Per il secondo possono citarsi la sonda tipo Kiel e quella di tipo cilindrico, rappresentate in fig. 4.

La sonda tipo Kiel è praticamente insensibile alla direzione del flusso entro angoli di $\pm 40^\circ$ e presenta inoltre il vantaggio di un disturbo aerodinamico non molto rilevante. Quella cilindrica offre una insensibilità alquanto inferiore ed è fonte di disturbi più accentuati, ma in compenso è più semplice e più

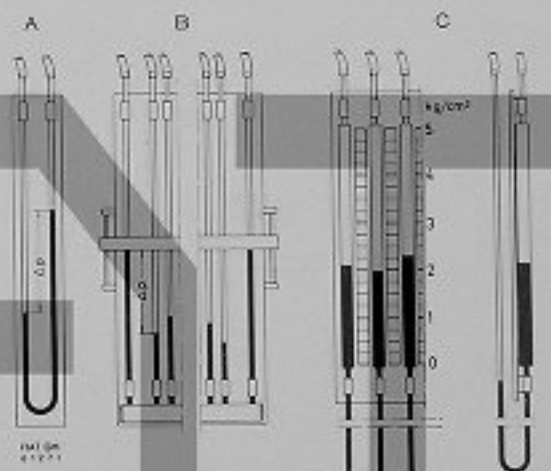
robusta: essa è quindi particolarmente indicata per misure in sezioni sufficientemente ampie e con velocità non eccessive, quando più gravi possono essere per giunta le conseguenze di eventuali rotture.

Ambedue questi tipi sono largamente impiegati soprattutto per rilievi multipli contemporanei e vengono quindi realizzati molto spesso con diverse prese su un unico gambo e sostegno, che può essere inoltre reso spostabile in senso trasversale. Il tipo Kiel può avere anche i diversi elementi spostabili tra loro, a prefissate distanze (fig. 5).

Va infine ricordato che la presa totale gode, per sua natura, di un notevole vantaggio rispetto alla statica: quello cioè di essere in ogni caso realizzabile in forme semplici ed entro dimensioni di ingombro minimo, senza comportare per questo errori di indicazione rilevanti.

— *Strumenti di lettura.* — Gli strumenti di lettura più comunemente impiegati, in collegamento con i rivelatori di cui sopra, sono i manometri a colonna di liquido. Essi hanno il pregio di una relativa semplicità e nel contempo di una elevata precisione, compatibilmente con le eventuali oscillazioni della pressione. I liquidi usati sono nella grande maggioranza dei casi l'acqua (colorata) e il mercurio, secondo le pressioni (o le differenze di pressione) da misurare.

Tali manometri possono assumere diverse configurazioni che si estendono (fig. 6) dal più semplice schema della comune canna ad U a quello di batterie di canne semplici facenti capo a un unico serbatoio.



A - Canna ad U singola B - Canna multiple semplici su unico serbatoio
C - Canna multiple a lettura diretta demoltiplicata (con colonna calibrata)

Fig. 6 - Manometri a colonna di liquido.

o a batterie analoghe con demoltiplicazione dell'altezza manometrica da misurare, particolarmente adatte per alte pressioni. Le batterie di canne semplici sono le più indicate, in particolare, per rilievi fotografici.

Per misure di dislivelli minimi viene fatto ricorso a disposizioni inclinate anziché verticali o a micro-manometri costituiti essenzialmente da tubi graduati orizzontali con indicazione a bolla d'aria.

distinguere, come in precedenza, il caso dei flussi pressoché costanti nel tempo da quelli instabili o pulsanti. Il primo è analizzabile in forma più o meno esauriente con i diversi tipi di sonde « statiche-totali-direzionali ».

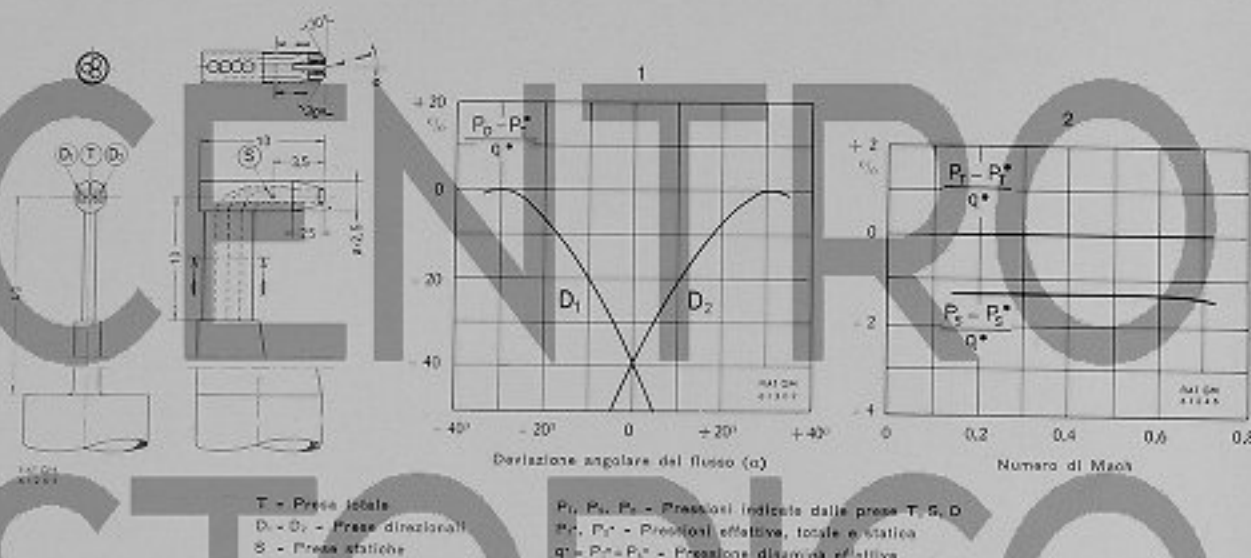


Fig. 7 - Sonda statica-totale-direzionale, a Pitot accordato con prese direzionali laterali.

Il grafico (1) rappresenta la variazione delle pressioni indicate dalle due prese direzionali (sotto forma di coefficienti di riferimento alle pressioni totali e dinamiche) in funzione della deviazione angolare del flusso. L'incrocio delle due curve (pressoché invariabili con il numero di Mach), corrisponde all'azzeramento della pressione differenziale e individua pertanto l'esatto orientamento della sonda; la loro inclinazione è indice della sensibilità angolare.

Il grafico (2), valido per sonda orientata ($\alpha = 0$), riporta gli errori delle indicazioni statiche e totali (sotto forma di coefficienti analoghi ai precedenti) in funzione del numero di Mach. Esso dimostra in particolare la scarsa influenza di quest'ultimo e la trascurabile entità dell'errore proprio della presa totale.

b) Pressioni variabili nel tempo.

I sistemi di rivelazione e registrazione di pressioni instabili e pulsanti possono considerarsi compresi nella vasta categoria degli strumenti di misura e registrazione elettrica di grandezze meccaniche e non richiedono come tali, una descrizione nel quadro dell'argomento qui prescelto. Basterà così ricordare che il loro impiego in questo campo è condizionato in buona parte alla realizzazione di elementi rivelatori che presentino anch'essi quelle caratteristiche geometriche di minimo ingombro cui si è accennato fin dall'inizio.

Una tale esigenza, meno rigida quando si tratti semplicemente di misure statiche in parete, può essere oggi soddisfatta nel miglior modo ricorrendo a speciali capsule manometriche di cui esistono ormai alcuni pregevoli esempi, in prevalenza basati sull'applicazione di strain-gages.

2) Misure di velocità e relative direzioni angolari.

Trattandosi, sotto questo titolo, esclusivamente di velocità locali (quelle medie di un condotto possono anche dedursi da misure di portata) occorre anzitutto

già menzionate, il secondo con metodi elettrici atti a rilevare soprattutto le frequenze e ampiezze dei corrispondenti fenomeni.

a) Velocità costanti nel tempo.

— *Elementi rivelatori.* - La misura di una velocità locale in una corrente fluida si basa, come è noto, sul rilievo della pressione statica e della pressione totale (oppure di una sola delle due e della loro differenza), con l'aggiunta, nel caso dei fluidi compressibili, di un corrispondente rilievo di temperatura, essendo la velocità stessa funzione di queste tre variabili secondo le consuete equazioni della fluidodinamica.

Il rilievo delle pressioni anzidette richiede, di massima, l'impiego di una sonda statica-totale preventivamente orientata secondo la direzione del flusso e viene perciò eseguito di preferenza facendo ricorso alla già menzionata categoria delle sonde « statiche-totali-direzionali », provviste cioè anche di forature supplementari per la ricerca dell'esatto orientamento e con esso della predetta direzione del flusso. Si

tratta, nei casi più comuni, di due fori su opportune superfici simmetriche, i quali consentono di ottenere l'orientamento stesso (su un piano prestabilito) mediante il sistema dell'azzeramento della corrispondente

ciamento è invece attuato arretrando la terna delle prese frontali fino all'immediato intorno dell'asse di rotazione, con il vantaggio di realizzare, in tal modo, anche la migliore rispondenza al requisito dei rilievi

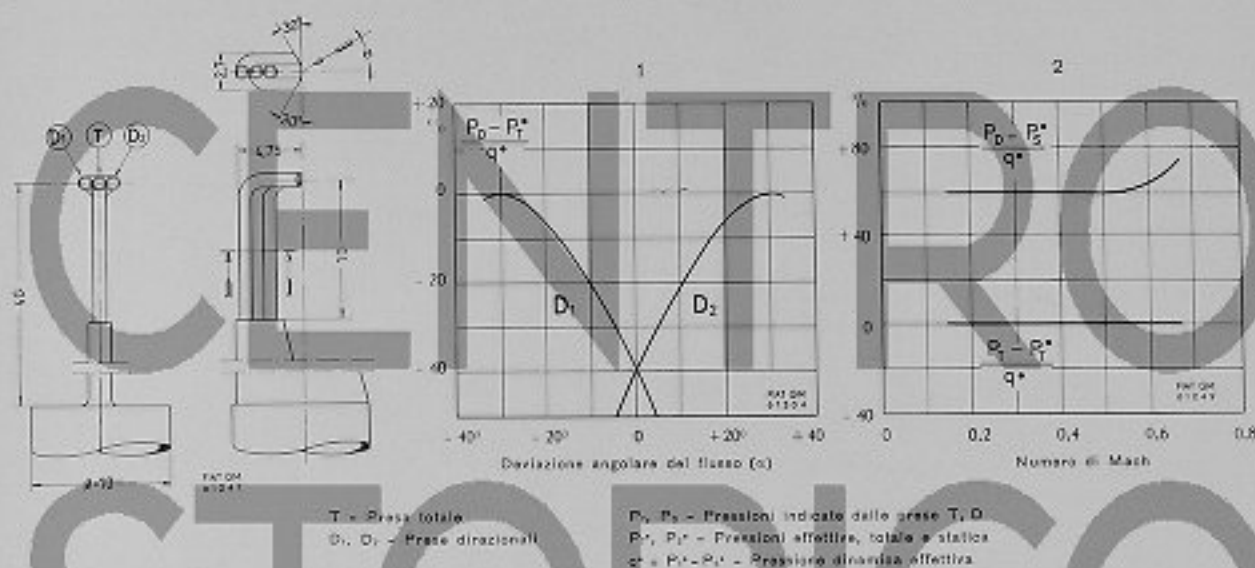


Fig. 8 - Sonda "statica-totale-direzionale", a tre fori affiancati.

Il grafico (1) è del tutto analogo a quello corrispondente della fig. 7. Il grafico (2), pure compilato con i criteri illustrati sulla stessa fig. 7, mette in evidenza lo scarto fra la pressione statica e l'indicazione di una presa direzionale, impiegata in questo caso anche per il rilievo di tale pressione (attraverso la conoscenza dello scarto stesso).

pressione differenziale, da realizzarsi a sua volta con manovra rotatoria del gambo esterno (normale al piano considerato).

Le sonde di questa categoria presentano una grande varietà di soluzioni, fra le quali le più usate sono comunque quelle a Pitot completo, con prese direzionali laterali e quelle, semplificate, a 3 fori affiancati e a 3 fori su elemento cilindrico.

Il tipo a Pitot con prese direzionali laterali corrisponde allo schema della fig. 7 che riporta pure i relativi grafici di taratura. Esso ha il pregio di una elevata sensibilità angolare e di un'indicazione diretta abbastanza approssimata delle pressioni statiche, ma insieme due principali inconvenienti: la costruzione piuttosto difficoltosa e la scarsa rispondenza ad esigenze di rilievi multipli localizzati su una stessa linea, ossia sull'asse di rotazione del gambo.

Il tipo a 3 fori affiancati è rappresentato, pure con i relativi grafici, nella fig. 8, dalla quale appare chiaramente che si tratta non solo di una semplificazione, ma anche di un ulteriore accorciamento del tipo di cui sopra. La maggiore semplicità deriva in pratica dalla eliminazione delle prese statiche, le cui funzioni vengono affidate, in forma indiretta, ad uno degli stessi fori direzionali; l'accor-

localizzati sull'asse stesso. La sensibilità angolare si mantiene inalterata mentre il valore effettivo della pressione statica, molto inferiore all'indicazione delle prese adibite a tale scopo, è ricavabile in ogni caso dall'apposita taratura.

La sonda a 3 fori cilindrica, rappresentata con i propri grafici, in fig. 9, può infine considerarsi sia come un'ulteriore semplificazione delle precedenti, sia come una variante, più completa, dell'analogo tipo totale, di cui mantiene pertanto le doti di massima semplicità e robustezza, accoppiate allo svantaggio di un impiego limitato a sezioni non troppo ristrette e a velocità non eccessive. La sensibilità angolare è molto elevata e l'indicazione della pressione statica da parte dei fori laterali è inferiore al vero ma più approssimata che nel caso precedente. Ambedue queste ultime proprietà sono d'altra parte strettamente legate alla posizione angolare dei fori laterali.

Tutte le sonde qui descritte sono adatte, a rigore, solo per rilievi in campi bidimensionali giacenti nel piano di rotazione dei loro elementi sensibili. I casi, piuttosto eccezionali, di campi non assimilabili a questo semplice tipo, possono essere affrontati in prima approssimazione con rilievi complementari in

piani normali e altre apposite tarature per gli errori dovuti a componenti trasversali. Una maggiore precisione potrebbe ottenersi con strumenti di tipo tridimensionale, che presentano comunque un carattere di minore praticità e non rientrano per tale motivo nei sistemi di uso più corrente qui considerati.

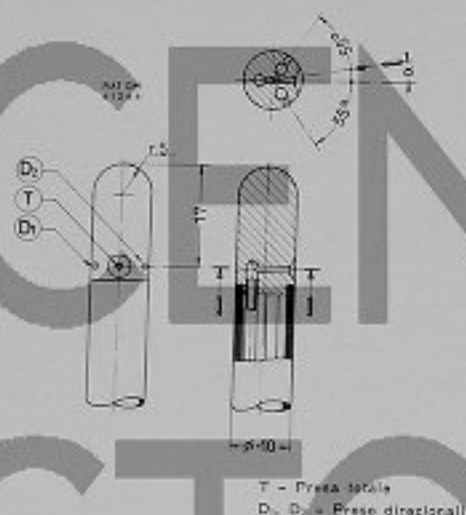
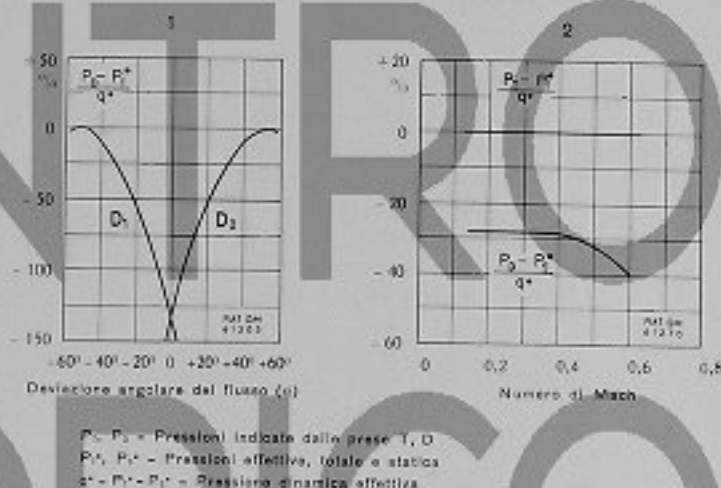


Fig. 9 - Sonda "statica-totale-direzionale", cilindrica a 3 fori.

I grafici (1) e (2) sono paragonabili ai precedenti delle fig. 7 e 8.



Va infine precisato che le operazioni di taratura ripetutamente citate devono svolgersi in apposite « gallerie » a flusso rettilineo e uniforme, normalmente dotate di elementi campione e di accorgimenti tali da consentire anche l'azzeramento più accurato delle disposizioni esterne per le letture angolari.

Sistemi di lettura. - Gli strumenti da collegarsi alle sonde sopracitate per le letture di pressione sono normalmente le canne manometriche ad U, eccezionalmente i micromanometri.

Le letture angolari si effettuano o direttamente mediante indice e quadranti esterni, oppure con sistemi a distanza, caratteristici degli speciali strumenti di manovra qui di seguito illustrati.

Sistemi e strumenti di manovra delle sonde. - La necessità, tipica delle misure qui considerate, di esplorare tutta la sezione prescelta (o un suo opportuno settore) con un'unica sonda, obbliga a realizzare, oltre ai movimenti di rotazione del gambo per i rilievi angolari, anche un movimento assiale o uno trasversale del gambo stesso nel piano della sezione anzidetta. I movimenti di rotazione vengono ottenuti muovendo la sonda, mentre quello trasversale è più spesso attuato rendendo spostabile il suo sostegno oppure considerando tale moto in senso relativo rispetto agli elementi vicini e spostando quindi questi ultimi.

L'impiego di disposizioni e strumenti speciali per tali esigenze è caratteristica dei controlli a distanza ossia delle installazioni con locali di manovra e lettura separati. I sistemi di comando trasversale sono generalmente realizzati in forma specifica per ogni singola applicazione. Gli strumenti di manovra delle

sonde e di controllo dei loro movimenti sono invece concepiti con criteri di facile applicabilità ad installazioni diverse.

Due esempi di tali strumenti sono visibili nelle figg. 10 e 11, la prima delle quali presenta un tipo con comandi meccanici e dispositivi di lettura elettrici a sincro-trasmettitori e sincro-ricevitori; la seconda un tipo semplificato per letture dirette a mezzo di un semplice cannocchiale e con comandi a trasmissione meccanica e idropneumatica.



Fig. 10 - Strumento di manovra sonde con telecomandi meccanici e sistemi di lettura a sincro-trasmettitori e sincro-ricevitori.

b) Velocità variabili nel tempo.

Gli strumenti rivelatori e registratori di velocità variabili o più spesso delle caratteristiche di frequenza e ampiezza dei fenomeni di tal genere (indipendentemente, di

solito, da precisi rilievi di direzioni angolari) rientrano nella categoria degli *anemometri a filo caldo* con relativi circuiti di amplificazione, stabilizzazione, correzione di fase e misura vera e propria. Essi sfruttano la variazione di resistenza elettrica di un filamento metallico, percorso da corrente, al variare della propria temperatura per effetto delle pulsazioni del flusso che lo investe.

Si tratta in genere di apparecchiature molto complesse cui viene fatto ricorso per scopi piuttosto particolari, fra i quali, ad esempio, l'analisi dei fenomeni di stallo nei compressori e in particolare dello stallo rotante caratteristico dei tipi assiali. Le ridottissime dimensioni dell'elemento sensibile (generalmente costituito da un sottilissimo filo di platino o nickel riscaldato intorno ai 500 °C) rendono in ogni caso possibile la realizzazione di sonde di varie forme, cosicché i problemi da affrontare riguardano piuttosto le strumentazioni di registrazione: essi sono oggi risolti nel miglior modo da ditte specializzate.



Fig. 11 - Strumento di manovra sonde a lettura diretta con telecomandi a trasmissione meccanica e idro-pneumatica.

3) Misure di portata.

La misura della portata di un fluido può essere effettuata sia attraverso il sistema dei rilievi multipli di velocità, sia con metodi più diretti, fra i quali sono da citarsi quelli dei dispositivi di strozzamento, adatti sia per i gas che per i liquidi, e quelli delle misure a tempo o con speciali strumenti a indicazione diretta e continua, applicabili solo per i liquidi.

— *Rilievi multipli di velocità.* - Il sistema di dedurre la portata attraverso una serie di rilievi di velocità in una sezione prestabilita è, di sua natura, piuttosto complesso, non soltanto per il gran numero di letture normalmente necessarie, ma anche per le esigenze della loro elaborazione. Un tale sistema, adatto soprattutto per i gas, viene pertanto impiegato solo in casi speciali, quando cioè l'installazione di prova non

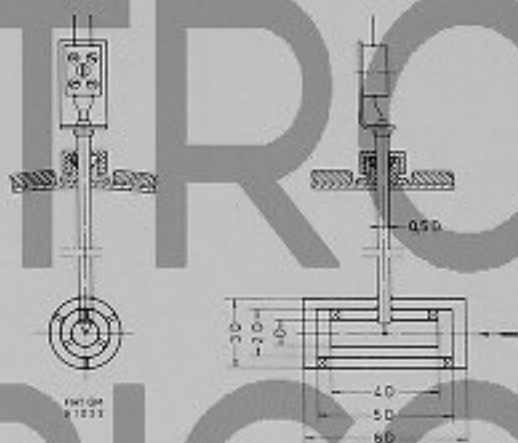


Fig. 12 - Esempio di schermatura multipla per presa termometrica.

consenta per qualche motivo di ricorrere ai metodi più diretti: esso è tuttavia anche semplificabile con una radicale riduzione del numero di letture (fino al limite di una sola) nei casi in cui sia possibile effettuare una serie esauriente di tarature preventive.

— *Dispositivi di strozzamento.* - Il sistema dei dispositivi di strozzamento (venturimetri, boccagli, diaframmi) è basato notoriamente sul principio di dedurre il valore della portata da una misura di pressione differenziale fra due sezioni di area diversa, con l'ulteriore rilievo, nel caso dei gas, delle condizioni di pressione e temperatura a monte.

Trattandosi di un metodo abbastanza diffuso (e come tale oggetto di norme unificatrici nazionali e internazionali per applicazioni varie) basterà ricordare che la scelta del dispositivo più adatto deve essere effettuata, per le installazioni più cospicue, tenendo conto sia del costo dei dispositivi stessi (massimo per i venturimetri, minimo per i diaframmi), sia per le perdite di carico (varianti in senso inverso); ciò specialmente quando si tratti di misure in un campo piuttosto ampio, tale da rendere consigliabile l'adozione di singoli strozzamenti diversi, ciascuno dei quali adatto a fornire una soddisfacente precisione in singoli campi più ristretti.

Il metodo stesso è il più usato nella pratica corrente nonostante una sua caratteristica fondamentale piuttosto sfavorevole: quella cioè di richiedere un

considerabile sviluppo rettilineo delle tubazioni su cui devono applicarsi i dispositivi.

- *Sistemi a tempo o ad indicazione diretta.* — Sono da considerarsi in questa categoria (riguardante solo i liquidi) sia il semplice sistema dei rilievi intermittenti, volumetrici o ponderali, mediante apposite vasche, sia quello dei contatori o dei flussometri.

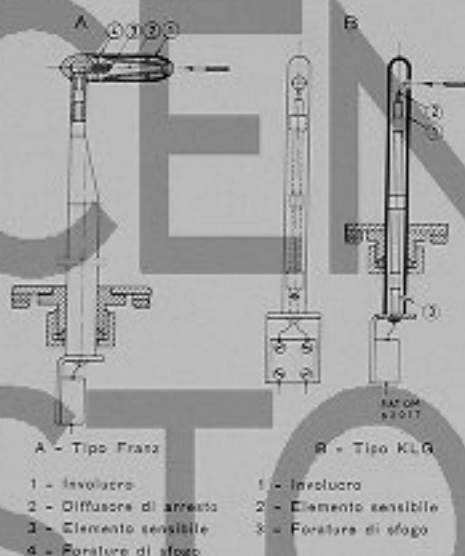


Fig. 13 - Prese termometriche a termocoppia con involucro schermante "totale".

Il sistema dei rilievi intermittenti mediante vasche presenta notevoli vantaggi di semplicità e precisione, richiedendo in compenso solo qualche accorgimento di installazione generale e, nel caso di rilievi ponderali, una bilancia di classe adeguata.

I sistemi a contatore e a flussometro, rispettivamente adatti per misure a tempo più continue e per indicazioni dirette, richiedono di massima strumenti rigorosamente tarati.

Una particolare menzione merita a quest'ultimo riguardo, il flussometro Potter, concepito in particolare per portate di combustibili e costituito in pratica da una piccola turbina « tarata » con grande precisione in funzione del proprio numero di giri. Esso è applicabile soprattutto nel campo delle ricerche riguardanti le camere di combustione.

4) Misure di temperature.

Le misure di temperatura in correnti fluide (in particolare di gas) sono normalmente soggette, come abbastanza noto, ad errori crescenti da un lato con il livello della temperatura stessa, dall'altro con la velocità del flusso. Essi sono dovuti, sotto il primo aspetto, agli scambi termici per conduzione e irraggiamento, fra elemento

sensibile ed ambiente circostante; sotto il secondo, all'effetto proprio del moto, il quale aggiunge in ogni caso alla temperatura « statica » (quella che misurerebbe un ipotetico elemento spostantesi con la corrente) un termine dinamico sempre diverso da zero, ma variabile, oltre che con la velocità, anche con il tipo di presa, ossia con l'andamento del campo aerodinamico nell'intorno dell'elemento sensibile: ciò fino al caso limite del completo arresto della corrente e quindi del completo recupero termico dell'energia cinetica, al quale corrisponde quel valore di temperatura comunemente definito « totale ».

Gli accorgimenti più idonei per misure di qualche precisione consistono quindi separatamente nel limitare gli scambi termici suddetti e nell'adottare forme di prese a recupero predeterminato o, per maggiore semplicità, tendenzialmente completo, così da permettere la lettura diretta di valori molto prossimi ai « totali ». I corrispondenti valori « statici » potranno in ogni caso ottenersi solo attraverso la conoscenza del termine dinamico e dall'entità del recupero stesso.

La limitazione degli scambi termici è affidata in particolare all'isolamento esterno dei condotti, alla schermatura degli elementi rivelatori e all'eliminazione dei gradienti di temperatura lungo i loro sostegni e collegamenti. La lettura diretta (più o meno approssimata) dei valori « totali » è resa possibile a sua volta dall'inserimento degli elementi sensibili in appositi involucri, che forniscono in pratica, oltre al recupero, anche un effetto schermante.

Ogni esigenza di massima precisione per temperature elevate rimane però affidata ad accurate tarature, da eseguirsi in « gallerie calde » appositamente concepite.

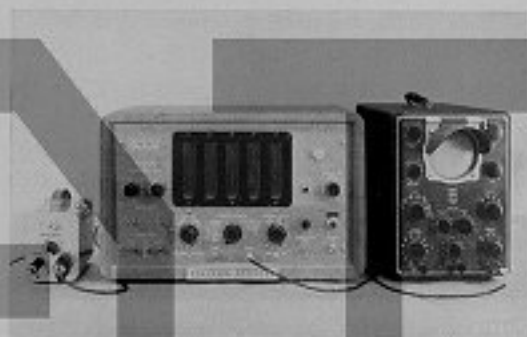


Fig. 14 - Strumentazioni per misure di velocità di rotazione. Da sinistra a destra: amplificatore, contatore elettronico, oscilloscopio di controllo.

Nella breve rassegna che segue sarà aggiunta alla consueta distinzione fra elementi rivelatori e strumenti di misura anche quella fra gli elementi termometrici veri e propri e i loro schermi o involucri.

Saranno trascurate, per brevità, sia alcune soluzioni speciali concettualmente distinte dalla impostazione generale di cui sopra (come le prese cosiddette « aspirate » o

«soniche», impiegate in qualche caso da altri Sperimentatori), sia altre misure più o meno comuni a diversi campi di impiego, come ad esempio quelle di fiamma e quelle superficiali o in profondità su particolari metallici, non attinenti, come tali, all'argomento prescelto.

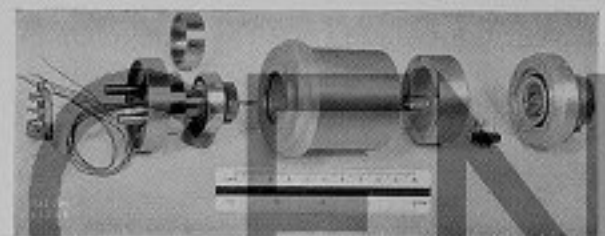


Fig. 16 - Torsionmetro con collettore a contatti striscianti per misure di coppia ad alta velocità di rotazione.

Il collettore con relative spazzole, in leghe pregiate, rappresenta una delle più recenti realizzazioni della Poly Scientific Corp. - Blacksburg - Virginia - U. S. A.

Il suo diametro esterno è di 2 mm.

— **Elementi termometrici.** - Gli elementi termometrici più diffusamente impiegati sono, nell'ordine, le termocoppie, i termometri a variazione di resistenza e i normali termometri a mercurio.

Le termocoppie trovano le più ampie applicazioni sia per la loro adattabilità ai diversi livelli di temperatura, sia per le loro ridotte dimensioni, sia infine per la loro caratteristica di consentire in ogni caso letture a distanza. Le possibilità di applicazione alle temperature più o meno elevate, fino a valori massimi di oltre 1000 °C, sono connesse, come è noto, con l'impiego di materiali diversi (rame-costantana e ferro-costantana per temperature basse e medie, cromel-alumel per le più elevate).

I termometri a resistenza (a filamento di platino) sono anch'essi adatti per letture a distanza e offrono il vantaggio di una superiore precisione, ma sono applicabili solo per temperature non eccedenti i 700 °C e presentano inoltre un ingombro considerevole, che impedisce di usarli in sezioni ristrette rendendoli anche poco adatti per rilievi «totali» ad alte velocità.

I termometri a mercurio trovano infine una loro vantaggiosa applicazione solo dove temperature e velocità siano contenute entro limiti molto modesti e non esistano difficoltà per letture dirette sul posto.

— **Schermatura e involucri.** - Considerando, per brevità, solo il caso delle termocoppie, possono citarsi, fra tutte le soluzioni possibili, un esempio tipico di schermatura multipla e due diversi tipi di involucri formanti prese «totali», di cui uno più rispondente a criteri rigorosi e l'altro meno preciso ma in compenso più pratico.

Una tipica soluzione di schermatura multipla è quella rappresentata in fig. 12. Essa può accogliere nel suo interno anche un ulteriore involucro protettivo o «totale», risultando in ogni caso tanto più efficace quanto maggiore è il numero degli schermi. Le possibilità di impiego sono però limitate a casi di sezioni sufficientemente ampie e di flusso pressoché rettilineo.

I due tipi di prese «totali» sono schematizzati in fig. 13. Il primo (A) è concettualmente il più completo, realizzando in particolare un elevato arresto adiabatico a mezzo di apposito diffusore: esso presenta in compenso un ingombro non tanto trascurabile ed esige un orientamento angolare piuttosto preciso, ciò che ne limita l'impiego soprattutto a scopi di taratura e controllo. Il secondo (B) rappresenta invece la soluzione più semplificata e di uso più corrente, che compensa la minore precisione anche con due altri pregi specifici: una elevata insensibilità angolare e una migliore protezione dell'elemento termometrico da irraggiamenti frontali, a vantaggio, in particolare, di impieghi in presenza di fiamme.

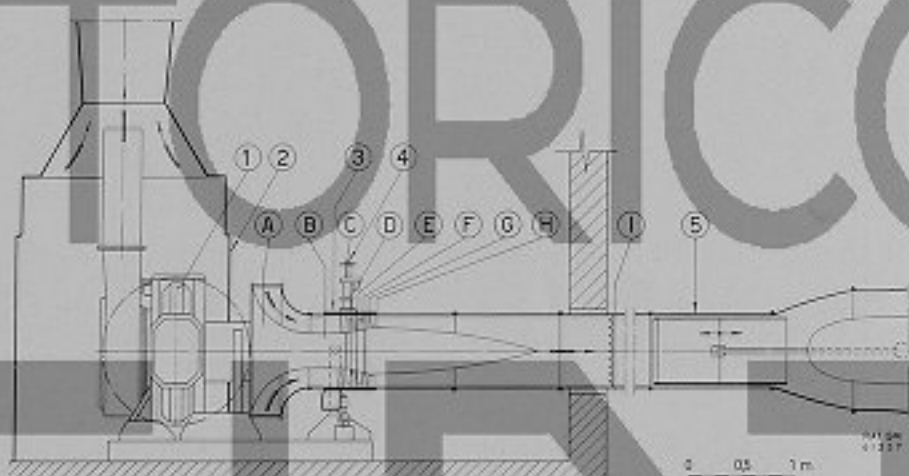
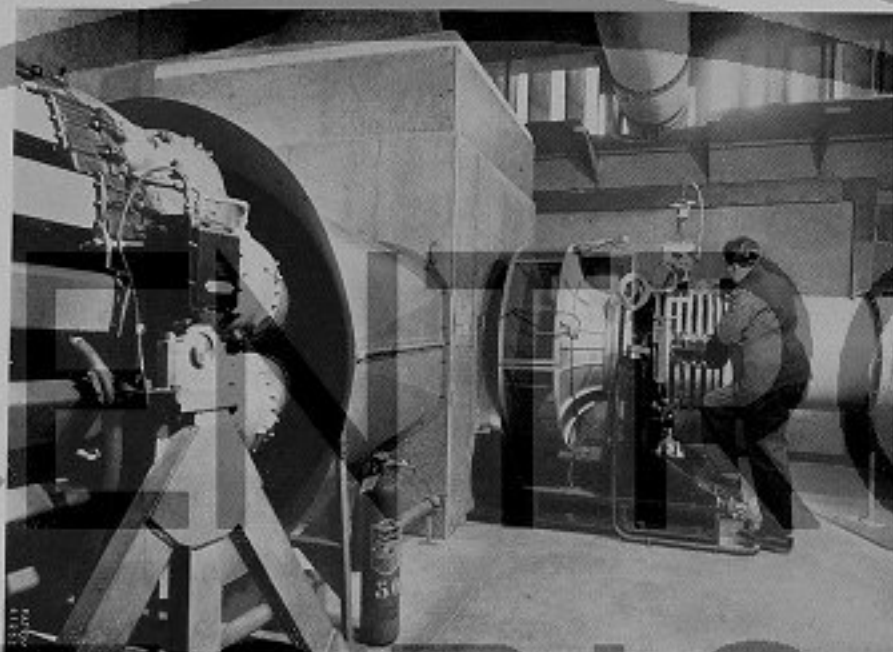
La disposizione schematizzata in figura per quest'ultimo tipo mette infine in evidenza uno speciale accorgimento atto a ridurre il gradiente termico lungo il gambo e con ciò gli errori per conduzione termica all'esterno: quello cioè di praticare i fori di sfogo (per graduale ricambio del gas all'interno della presa) all'estremità del gambo stesso, anziché a valle dell'elemento sensibile.

— **Strumenti di lettura.** - Gli strumenti di lettura diretta o di registrazione da accoppiarsi agli elementi rivelatori di cui sopra (termocoppie e termometri a resistenza) presentano un'estesa gamma di possibili soluzioni, essendo comunque tanto più rispondenti alle prefissate esigenze quanto più posseggano oltre ai requisiti della precisione, anche quelli della molteplicità e rapidità delle loro indicazioni.

Sono pertanto largamente preferiti, nonostante il loro costo elevato, i più moderni registratori automatici, secondo i casi potenziometrici o a ponte, con elevato numero di canali, i quali uniscono a tutti i requisiti suddetti anche il vantaggio di una visione continua dell'andamento della prova e insieme una sua storia, particolarmente utile in caso di anomalie di vario genere.

5) Misure di spinte.

La misura di una spinta da parte di un getto fluido può essere effettuata con metodi diretti o indiretti. I primi comportano ovviamente l'impiego di disposizioni dinamometriche, meccaniche o elettriche; gli altri si basano invece sul principio della quantità di moto e cioè fondamentalmente su rilievi di portate e di velocità di efflusso.



- 1 - Turbina motrice da 2500 Cv a 10 000 giri/min. alimentata dagli elettrocompressori di servizio attraverso un gruppo di camera di combustione
 2 - Sottostanzia termicamente isolante con autoventilazione interna (a mezzo scarico turbina)
 3 - Compressore sperimentale a 2 stadi con presa d'aria ambiente
 4 - Dispositivo di "sondaggio" del flusso fra le palette con comandi e letture a distanza
 5 - Condotto di scarico con valvola di regolazione a comando idraulico
 A-B-C-D-E-F-G-H-I - Sezioni di misura.

Fig. 16 - Banco prova per stadi di compressori assiali.

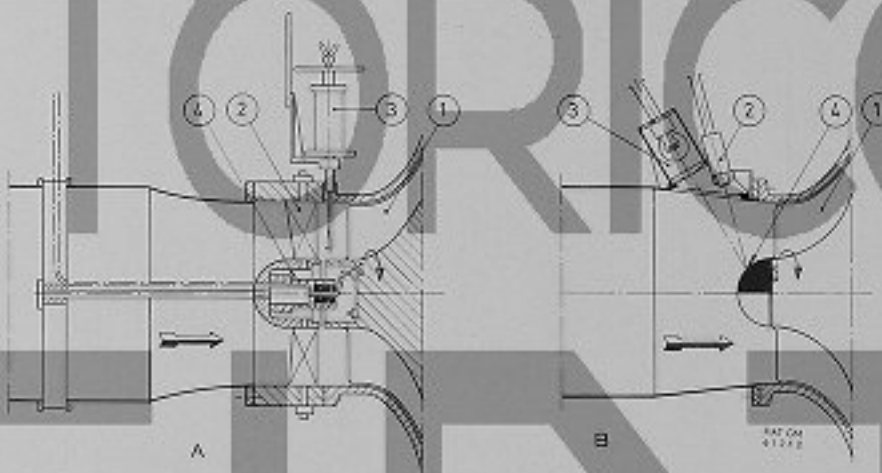
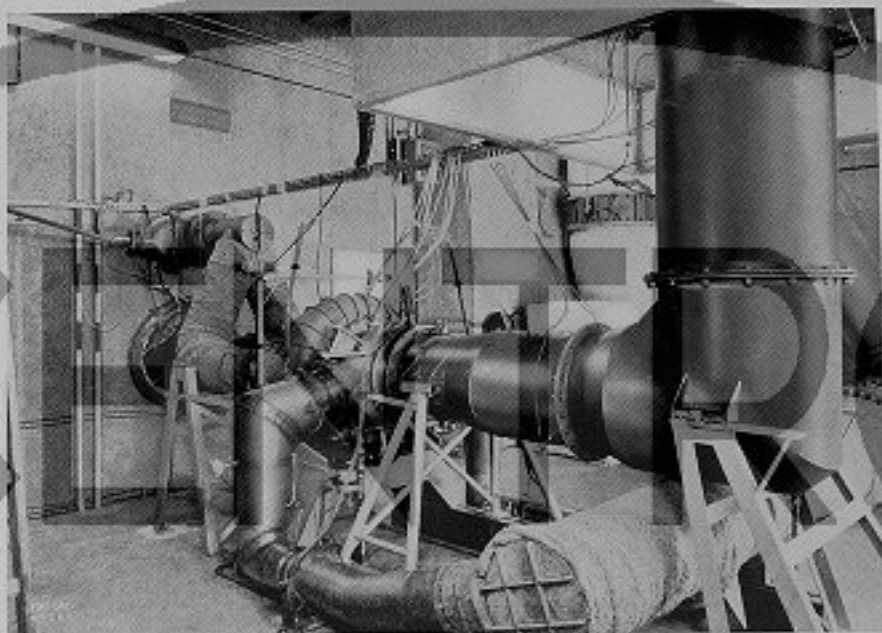
Si tratta quindi di misurazioni abbastanza semplici oppure rientranti nei metodi già esaminati, per le quali sembrano pertanto superflue ulteriori precisazioni.

6) Misure di velocità di rotazione, coppie e potenze.

I sistemi di misura di queste tre grandezze, caratteristiche di ogni trasmissione meccanica su assi rotanti, si

distinguono in forma più o meno accentuata da quelli tradizionali per due esigenze specifiche cui devono rispondere in questo campo: quella, più volte sottolineata, di un'elevata precisione e quella delle alte velocità di rotazione. La prima obbliga soprattutto ad un'accurata scelta di strumenti, la seconda anche di metodi, con l'esclusione, spesso, dei più generalizzati in altri campi.

I più comuni strumenti tachimetrici vengono in tal modo sostituiti da apparecchiature elettriche non solo



A - Ingresso con pre-vortizzatore

- 1 - Ventola
- 2 - Calibratura pre-avvolvente
- 3 - Strumento per misura d'aria
- 4 - Generatore d'impulsi elettromagnetico per rilievi tachimetrici.

B - Ingresso senza pre-vortizzatore

- 1 - Ventola
- 2 - Generatore d'impulsi fotoelettrico
- 3 - Illuminatore
- 4 - Ogiva con settori alternati in bianco e in rosso per raccolta impulsi.

Fig. 17 - Banco prova per compressore centrifugo di sovralimentazione.

di alta precisione ma anche di elastico impiego fino alle velocità massime; le tradizionali disposizioni dinamometriche lasciano spesso il posto a misuratori di coppia torsionometrici e infine anche lo stesso metodo classico di misura della potenza, attraverso la coppia e la velocità di rotazione, può essere sostituito in qualche caso da altri metodi diversi, sfruttanti più o meno direttamente le caratteristiche funzionali di una macchina accoppiata, motrice oppure frenante.

— *Velocità di rotazione.* — Il sistema più diffuso è oggi quello basato sull'accoppiamento di un generatore di impulsi elettrici (azionato in qualche modo dall'asse rotante o da altro elemento solidale) ad un contatore elettronico, con l'ausilio, dove necessario, di un circuito amplificatore e di un oscilloscopio di controllo della regolarità di forma degli impulsi stessi (fig. 14). Esso richiede ovviamente strumentazioni di costo piuttosto elevato, ma offre in compenso vantaggi

veramente decisivi sotto ogni altro aspetto. La precisione ottenibile è infatti elevatissima, tanto maggiore quanto più alta è la frequenza degli impulsi, ed altrettanto soddisfacente è la desiderata elasticità di impiego; la quale deriva precisamente dalla possibilità di usare, come generatori di impulsi, alcuni semplici

freni, di tipo idraulico o elettrico. I torsiometri trovano invece le più frequenti applicazioni nel caso di giranti trascinata (compressori) e presentano un'estesa varietà di possibili soluzioni, raggruppandosi tuttavia in due principali categorie, l'una dei tipi ottici, l'altra dei tipi elettrici.

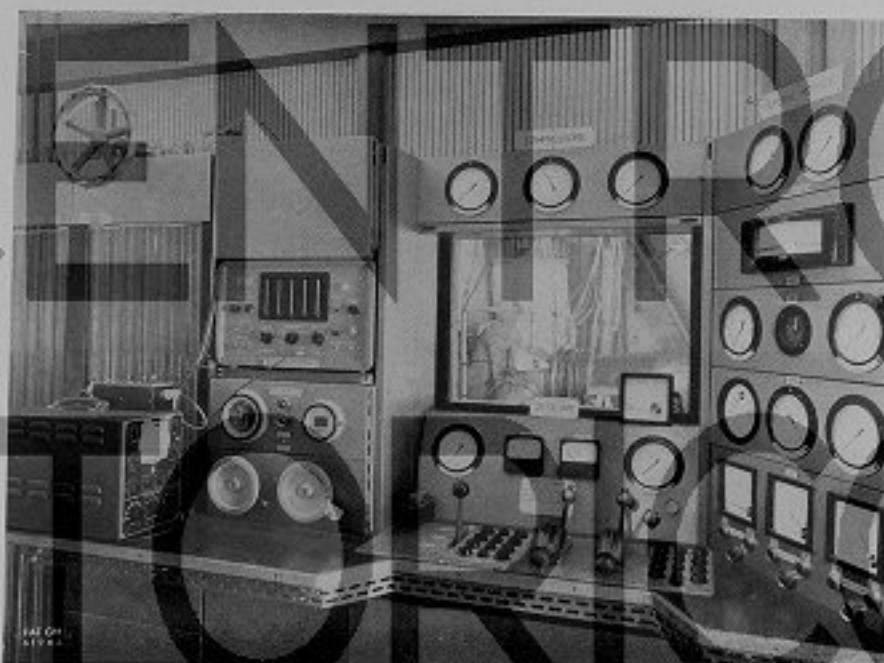


Fig. 18 - Vista parziale del quadro di controllo e lettura per il banco prova di fig. 17.

dispositivi di tipo elettromagnetico o fotoelettrico, non richiedenti per loro natura un accoppiamento meccanico, ma solo una disposizione affacciata all'elemento rotante prescelto, nel secondo caso perfino a qualche distanza da quest'ultimo.

Per quanto riguarda gli altri possibili sistemi, ormai poco usati, basterà ricordare che una precisione equivalente può essere raggiunta solo con strumentazioni di tipo stroboscopico a sincro-trasmettitore, sincro-ricevitore e generatore di frequenza campione; esse sono però soggette a costi almeno paragonabili e nel contempo a due principali inconvenienti ossia ad una scarsa elasticità d'impiego e soprattutto alla limitazione delle letture in corrispondenza dei soli regimi di sincronismo.

Coppie. - Le misure di coppia possono essere effettuate secondo i casi mediante disposizioni dinamometriche di tipo tradizionale, ma di adeguata sensibilità e precisione, oppure mediante *torsiometri* sfruttanti la deformazione di un apposito tronco d'asse. Le disposizioni dinamometriche vengono usate soprattutto nel caso di giranti produttrici di potenza (turbine) costituendo in tal caso l'attrezzatura esterna di adeguati

I torsiometri ottici, generalmente piuttosto complessi nelle loro limitate realizzazioni, sfruttano la deformazione torsionale di un apposito tronco d'asse trasformandola opportunamente in deviazione di un fascio luminoso trapietabile, anche a distanza, mediante scala graduata.

Quelli elettrici, oggi più diffusi grazie alle possibilità offerte dalla moderna tecnica e alle conseguenti doti di maggiore semplicità ed elasticità di impiego, comprendono anch'essi, come elemento fondamentale, un tronco d'asse sottoposto a deformazione torsionale, differendo invece dai precedenti per il sistema di rivelazione della deformazione stessa. Le soluzioni più comuni a tale riguardo sono quelle a strain-gages applicati all'asse suddetto, con collettore di uscita speciale, adatto per alte velocità di rotazione. Fra i collettori rispondenti a tali requisiti possono citarsi quelli a contatti in anello di mercurio e quelli, di recentissima produzione estera, a contatti striscianti su anelli metallici di minime dimensioni, impiegabili per tale ultima caratteristica, fino alle velocità massime (fig. 15).

Potenze. - La misura di una potenza asse può essere effettuata, come già accennato, non solo attra-

verso rilievi di coppia e di velocità di rotazione, ma anche con sistemi basati sulla conoscenza delle caratteristiche funzionali di una macchina accoppiata. Si tratta in genere di metodi imposti da motivi pratici, fra i quali ad esempio la mancanza di un

un lato quelli adatti per i casi di fluidi compressibili a velocità elevate e in particolare a regimi supersonici; dall'altro quelli utilizzabili per velocità inferiori e, al limite, così basse da rendere trascurabile la distinzione tra fluidi compressibili e incompressibili.

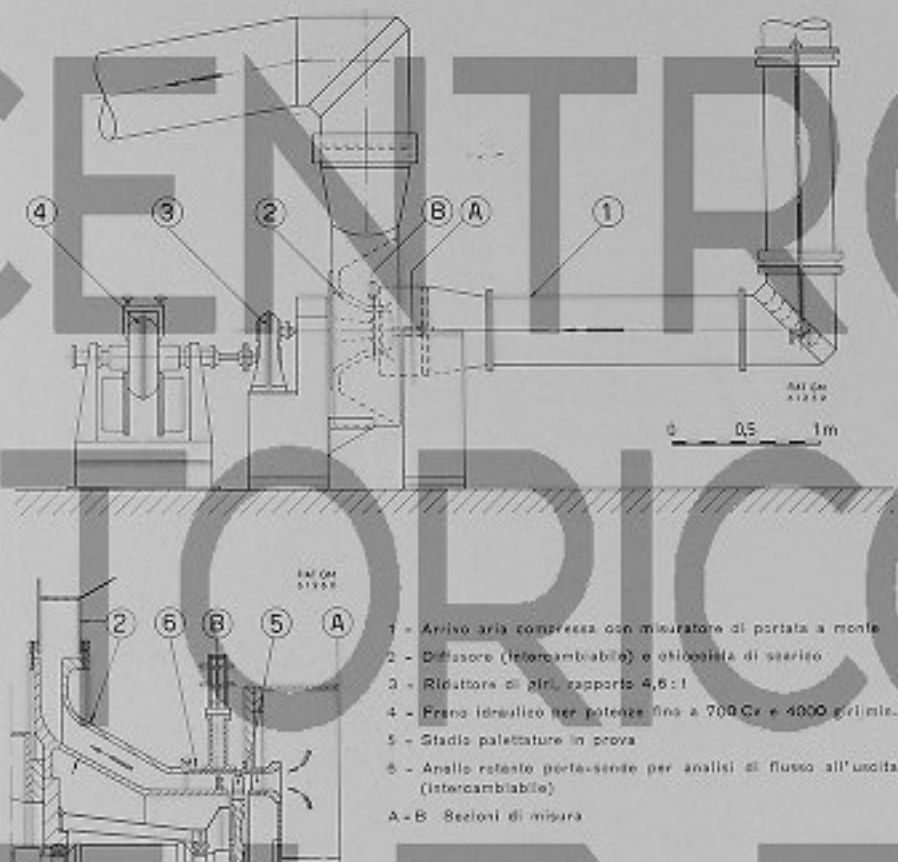


Fig. 19 - Banco prova "a freddo" per stadi di palettatura di turbine.

freno a velocità sufficientemente elevata o di un adatto riduttore o moltiplicatore di giri o infine la difficoltà di sistemazione di un torsionometro. Tipico esempio, abbastanza frequente, di tal genere è quello di una turbina frenata da un adatto compressore, che può essere in particolare quello proprio della stessa macchina.

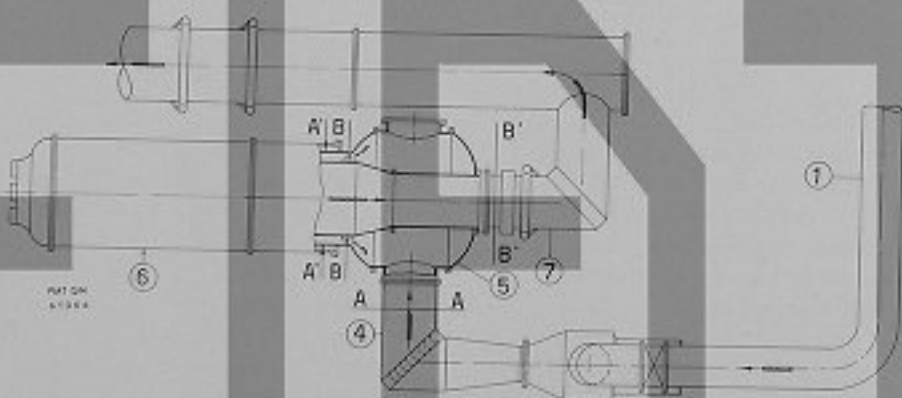
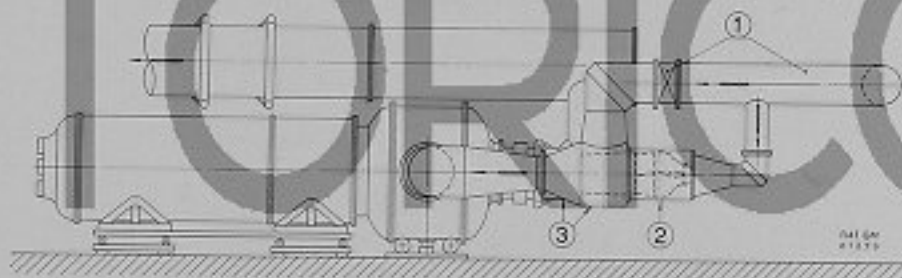
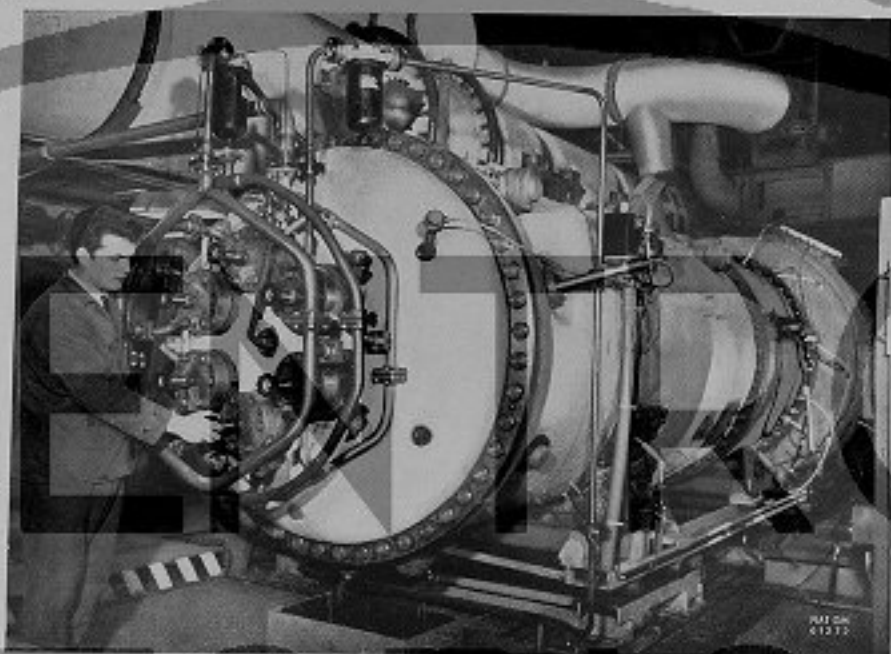
Le misure devono tener conto in tutti i casi anche delle perdite meccaniche proprie della trasmissione, fra le quali soprattutto quelle dovute all'eventuale presenza di ingranaggi riduttori o moltiplicatori.

7) Metodi di visualizzazione del flusso.

I metodi impiegabili per visualizzare l'andamento di una corrente fluida, a scopo di integrazione delle misure di cui sopra, si suddividono in due gruppi distinti: da

un lato trovano la loro principale applicazione ancor più che nel campo qui considerato, in quello dell'aerodinamica applicata ai moderni problemi di volo. Essi si basano su principi ottici sfruttanti con accorgimenti diversi le variazioni o discontinuità di volume specifico proprie dei regimi anzidetti e le conseguenti variazioni dell'indice di rifrazione del fluido. I rimanenti, ossia quelli impiegabili per basse velocità, sono più numerosi e molto diversi tra loro, estendendosi infatti dai più comuni e abbastanza noti sistemi di introduzione di filetti di fumo o di fili di lana, opportunamente sostenuti, all'interno dei condotti in esame fino ad altre soluzioni basate sulla simulazione del reale andamento della corrente con ricorso a fluidi di caratteristiche nettamente diverse.

Una particolare citazione merita a quest'ultimo riguardo il metodo denominato dell'analogia idraulica, che può anche considerarsi il più impiegato nel nostro campo per



- 1 - Arredo aria compressa con miscelatore di portata e monte e valvola di regolazione terminale
2 - Gruppo pre-riscaldatore in parallelo
3 - Miscelatore

- 4 - Ingresso aria preriscaldata
5 - Palese di entrata (simulante le condizioni sulle macchine)
6 - Combustore in prova
7 - Condotta di scarico con iniezione d'acqua

A-A, A'-A' - Sezioni di misura all'ingresso

B-B, B'-B' - Sezioni di misura all'uscita

Fig. 20 - Banco prova per combustore di grandi dimensioni.

i vantaggi che esso offre nella soluzione di molti problemi pratici. Esso si basa sul presupposto di simulare l'effettivo andamento di una corrente gassosa con circolazione d'acqua, realizzando la desiderata visualizzazione con l'ausilio di polveri speciali e più spesso di bollicine d'aria. La simulazione si fonda a sua volta sull'invariabilità del rapporto

— *Installazione per ricerche su stadi di compressori assiali.* — L'esempio considerato, visibile in fig. 16, riguarda un compressore sperimentale a due stadi con motrice a turbina alimentata da aria compressa attraverso un gruppo di camere di combustione. Esso è fornito di controllo tachimetrico a contatore elettro-

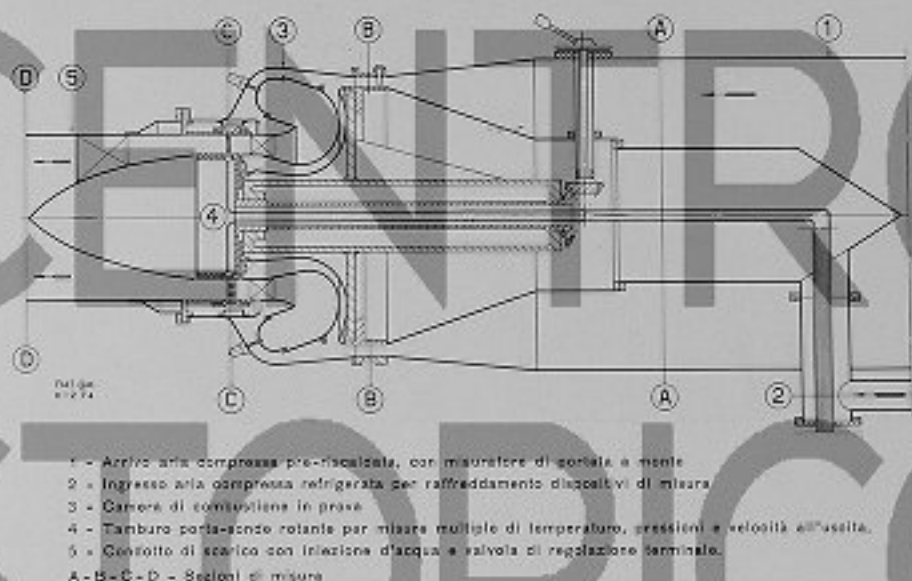


Fig. 21 - Banco prova per camere di combustione anulari.

fra le forze di inerzia e quelle di viscosità (uguaglianza dei numeri di Reynolds); la visualizzazione sull'impiego di appositi modelli trasparenti e di opportune sorgenti di stretti fasci luminosi diretti in piani prestabiliti.

Può essere ancora ricordato che un ulteriore e semplicissimo metodo per rendere visibile l'andamento di una corrente in vicinanza di corpi o pareti prestabilite, è quello di cospargere tali pareti di nero fumo o di qualche liquido ad elevata viscosità atto a fornire una tracciatura diretta delle linee di corrente. Esso presenta sia l'inconveniente di limitare le possibili osservazioni alle immediate vicinanze della parete prescelta, sia anche quello di fornire indicazioni non sicuramente riferibili al regime prefissato, in quanto più o meno influenzate da altri regimi di transizione.

Esempi di applicazioni.

Le modalità di applicazione pratica delle principali tecniche di indagine fin qui esaminate si riconducono, nel campo considerato, ad alcuni schemi abbastanza tipici per ciascun « componente » e per ciascuna categoria di elementi isolati. Esse possono essere illustrate pertanto in base agli esempi qui di seguito brevemente descritti.

nico con generatore di impulsi elettromagnetico e di una serie di sezioni di misura opportunamente attrezzate sia per il rilievo delle caratteristiche funzionali dei due stadi suddetti, sia per l'analisi dei campi aerodinamici interni. Al primo scopo sono destinate in particolare le sezioni di entrata e uscita (A e I), al secondo tutte quelle intermedie (da B ad H), immediatamente a monte e a valle delle palettature e fra le palettature stesse.

La sezione di ingresso è equipaggiata solo con termometri, del tipo a resistenza, essendo la corrispondente pressione pari all'atmosfera ambiente. Quella di uscita, con una corona di prese di pressione in parete, un gruppo di termometri, pare a resistenza, e una crociera di rivelatori di pressioni totali: il tutto per il rilievo, oltre che di tali grandezze distinte, anche delle portate. Le sezioni intermedie vengono invece esplorate con uno strumento di comando sonde del tipo rappresentato in fig. 10 e facendo ricorso, per gli spostamenti in senso circonferenziale, ad un sistema di rotazione delle palettature statoriche.

I dispositivi di comando e gli strumenti di lettura sono raccolti in un quadro di controllo generale sistemato in apposito locale a fianco.

- *Disposizioni particolari di prova per compressore centrifugo.* - L'installazione presentata riguarda in modo specifico il compressore di un gruppo di sovralimentazione per motori Diesel veloci di grande potenza, utilizzando, come motrice, la propria turbina alimentata a parte.



Fig. 22 - Disposizione di prova per modelli di diffusori destinati a turbomacchine di grandi dimensioni. I modelli sono costruiti in legno, in scala 1:4.

L'insieme dell'impianto è visibile nella fig. 17, dove sono schematizzate, come disposizioni di misura più degne di nota, solo quelle esistenti all'ingresso. Esse riguardano un sistema di sondaggio per scopi di messa a punto di una palettatura pre-vorticatrice e due diverse soluzioni di rivelatori tachimetrici, l'una di tipo elettromagnetico, non contrastante con la presenza della palettatura suddetta, l'altra di tipo fotoelettrico, impiegabile per una seconda versione della macchina, priva di tale elemento. Lo strumento di comando sonde, è del tipo a lettura diretta; gli spostamenti relativi alla palettatura pre-vorticatrice sono ottenuti con spostamenti circolari di quest'ultima.

Tutti i dispositivi di controllo e lettura, ivi compresi quelli relativi alle altre disposizioni e alle esigenze proprie della motrice, sono raccolti, anche in questo caso, su un quadro generale in locale affiancato (fig. 18).

- *Installazione di prova per stadi di palettature di turbine.* - L'esempio scelto a questo riguardo è in pratica un banco adatto per prove a freddo (ossia ad aria anziché a gas) non solo di palettature reali, ma anche di modelli in scala adeguata. Esso è disposto e strumentato conformemente allo schema della fig. 19, dalla quale risulta in particolare l'esistenza di una sezione di misura a monte della palettatura fissa e di un'altra a valle della girante, alle quali si aggiunge

un dispositivo a boccaglio per le misure di portata nella tubazione di arrivo dell'aria compressa.

La sezione a monte (A), a velocità molto bassa, è provvista per tale motivo solo di una corona di prese di pressione statica e di qualche termometro a resistenza; quella a valle (B) è invece attrezzata con

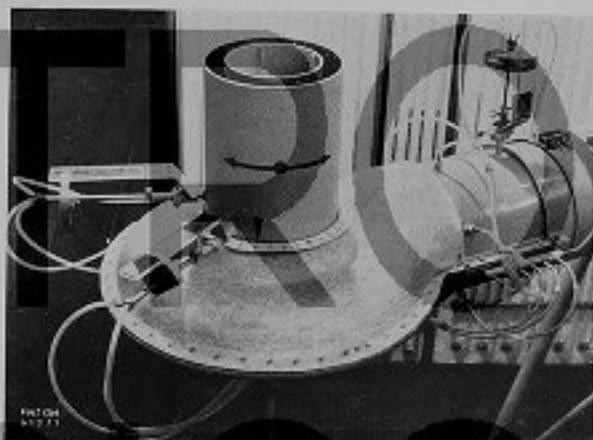


Fig. 23 - Disposizione di prova per modelli di collettori di ingresso destinati a turbomacchine di grandi dimensioni. I modelli sono costruiti in resina sintetica con inserto di "fiberglass", scala 1:7.

dispositivi di sondaggio su apposito anello girevole. Questi ultimi comprendono una sonda tipo Kiel multipla e un gruppo di sonde « statiche-totali-direzionali », atte a consentire in particolare la più dettagliata analisi del flusso uscente.

La velocità di rotazione e la potenza sono rilevate rispettivamente mediante il consueto sistema a contatore elettronico (con generatore di impulsi elettromagnetico) e mediante freno dinamometrico di tipo idraulico, con riduttore di giri intermedio. Le singole manovre e letture vengono effettuate direttamente sul posto.

- *Installazione di prova per combustore a focolare unico di grandi dimensioni.* - L'installazione riguarda un combustore destinato a turbomacchine di grande potenza per impieghi industriali. Essa è visibile nella fig. 20, dove lo schema generale indica pure la posizione delle principali « sezioni di misura » per temperature e pressioni.

Le strumentazioni comprendono un dispositivo a boccaglio per la misura della portata dell'aria, un sistema di rilievo della portata del combustibile per pesate e un insieme di prese di pressione e di temperatura opportunamente distribuite nelle sezioni suddette; il tutto con le relative disposizioni di lettura in locale a fianco. Le prese di pressione, di tipo statico e totale, assommano complessivamente a 60 circa, quelle di temperatura, prevalentemente costituite da termo-

coppie con involucro schermante-totale (tipo KLG) a circa un centesimo; esse sono collegate a un gruppo di registratori automatici potenziometrici.

- *Banco prova per camere di combustione di tipo anulare medio.* - Si tratta di un banco specialmente attrezzato per la più estesa esplorazione della sezione di uscita e quindi fornito, come risulta dalla fig. 21, di un apposito tamburo porta-sonde girevole in corrispondenza della sezione stessa. Il tamburo è munito sia di sonde di pressione (statiche-totali) che di termocoppie, (con involucro schermante-totale) in diverse posizioni radiali e consente di effettuare nel più breve tempo, diverse centinaia di letture per ogni regime prescelto.

Le altre disposizioni sono analoghe a quelle dell'esempio precedente.

- *Disposizioni di prova per modelli di condotti diversi.* - Due esempi indicativi a tale riguardo sono riportati alle figg. 22 e 23 delle quali la prima rappresenta una disposizione di prova per modelli in scala ridotta di diffusori di uscita, la seconda un modello di collettore di ingresso.

Tali modelli, ambedue destinati allo studio fluidodinamico in similitudine di corrispondenti particolari reali per macchine di grandi dimensioni, sono alimentati da opportune mandate di aria a portata controllabile e vengono sperimentati a mezzo di adeguate disposizioni di sondaggio delle sezioni estreme e, nel primo caso, anche di sezioni intermedie. Trattandosi di effettuare generalmente analisi dettagliate ed esaurienti, le sonde impiegate sono di massima di tipo « statico-totale-direzionale ».

Dott. Ing. CARLO MARTINI

IL MOTORE 230

ULTERIORI SVILUPPI NEI VARI CAMPI DI APPLICAZIONE

Il motore semiveloce con cilindri di 230 mm di diametro, a velocità di 1000 giri/min, nato con caratteristiche di leggerezza e potenza particolarmente indicate per l'impiego ferroviario, ha avuto in seguito molte altre applicazioni in campi in cui si richiedano motori leggeri e di sicuro funzionamento come: gruppi terrestri trasportabili, propulsione di naviglio veloce, gruppi elettrogeni di bordo.

Presentiamo in questo articolo i più recenti sviluppi nei vari campi di applicazione.

Premessa.

Nel Bollettino Tecnico n. 3 del 1958 sono stati messi in evidenza le caratteristiche principali ed i criteri d'impostazione del progetto del motore 2312 SF che è l'unità con 12 cilindri della serie tipo 230.

Di questo tipo di motore, previsto per il funzionamento a 1000 giri/min, vengono costruite unità con 6, 8, 12 e 16 cilindri aventi tutte le seguenti caratteristiche geometriche:

- diametro del cilindro 230 mm
- corsa dello stantuffo 270 mm

I primi motori messi in costruzione sono stati quelli con 12 cilindri a « V » di 45° nella versione con sovralimentazione e senza refrigerazione dell'aria (2312 SF), e sono stati impiegati nel campo ferroviario.

Questi motori, montati su 16 locomotive diesel-elettriche delle F.S. italiane messe in esercizio scalarmente dal 1958, hanno oramai tutti superato le 12000 ore di servizio effettivo su linee le cui caratteristiche altimetriche ben si prestano ad un severo collaudo. Il loro comportamento in esercizio è risultato pienamente corrispondente alle esigenze del servizio, tanto che lo stesso Cliente ha ordinato altri motori 2312 SF destinati ad una seconda serie di locomotive simili alle precedenti.

Nel frattempo però il motore tipo 230, ha subito ulteriori sviluppi ed in particolare:

- è stato costruito e messo in servizio il motore dello stesso tipo con 6 cilindri in linea;
- sono state aumentate le prestazioni di servizio;
- è stato impiegato, oltre che nel campo ferroviario, anche in altre varie applicazioni, sia nella soluzione con sovralimentazione semplice che nella soluzione con sovralimentazione e refrigerazione dell'aria.

Motore 236 con 6 cilindri in linea.

Per le potenze comprese fra 500 e 1000 Cv è stata messa in costruzione l'unità con 6 cilindri in linea (motore 236 - fig. 1) nelle versioni ad aspirazione naturale, sovralimentata semplice e sovralimentata con refrigerazione dell'aria.

Il progetto di questo motore non ha richiesto, per quanto riguarda la parte costruttiva, la risoluzione di particolari problemi, dato che erano disponibili l'esperienza ed i risultati sperimentali dello stesso tipo di motore con 12 cilindri a « V » e quella fatta sui numerosi motori con cilindri di 220 e 230 mm di diametro, precedentemente costruiti e dai quali il motore attuale può considerarsi derivato.

La maggior parte degli organi del motore con cilindri in linea, e tra questi quelli che normalmente sono soggetti a ricambio, sono uguali ai corrispondenti organi del motore con cilindri a « V » (testata cilindro e suoi accessori, valvole, polverizzatori, pompe d'iniezione, stantuffi e accessori, camicie, cuscinetti ecc.).

Per il basamento e l'incastellatura è stata conservata la costruzione in lamiera saldata ed anche per l'albero a manovelle è stata adottata la stessa soluzione già realizzata sul motore 2312 SF (albero appeso all'incastellatura). Questo tipo di costruzione, com'è noto, permette una riduzione di peso del motore ed assicura un'ottima distribuzione degli sforzi interni.

Tenendo conto che il motore 236 per le sue caratteristiche, ha trovato impiego in svariate applicazioni, l'albero a manovelle è stato dotato di uno smorzatore al silicone (per ridurre a valori trascurabili le sollecitazioni torsionali in tutto il campo di velocità di rotazione di probabile funzionamento) e la parte opposta alla presa di forza principale è stata studiata in modo da poter

comandare direttamente numerosi ausiliari (due pompe acqua, una pompa olio, una pompa di alimentazione nafta ed una puleggia per il comando della ventola dell'eventuale radiatore).

Inoltre, dato che in alcuni impieghi il motore sarà esposto agli agenti atmosferici, sono state previste delle opportune coperture di protezione per gli organi esterni più delicati.

Con queste prestazioni il peso scende a valori dell'ordine di circa 5 kg/Cv (per i motori a 12 e a 16 cilindri) valore che è da ritenersi basso dato che il motore è di tipo semiveloce.

Le suddette prestazioni sono state fissate tenendo conto dei soliti criteri di prudenza adottati per assicurare un buon comportamento del motore in esercizio e presentano ancora un buon margine rispetto alle prestazioni

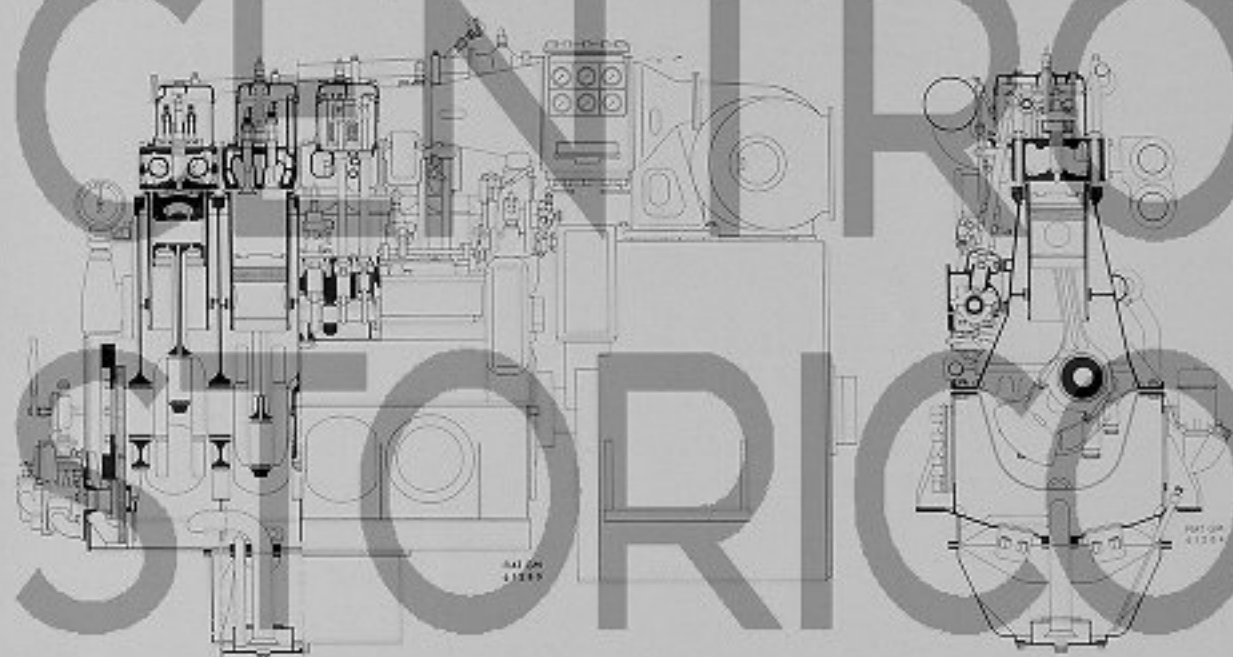


Fig. 1 - Sezione longitudinale e trasversale del motore FIAT tipo 230, nella versione sovralimentata con refrigerazione dell'aria, accoppiato ad una dinamo.

Prestazioni attuali dei motori 230.

I primi motori 230 messi in esercizio sono stati forniti, nella versione a sovralimentazione semplice, con prestazioni di circa 115 Cv/cil a 1000 giri/min (p.m.e. = 9,3 kg/cm²).

Attualmente, la disponibilità di turbosolfianti di sovralimentazione a più alto rapporto di compressione, il perfezionamento continuo dei vari organi, realizzato mercé l'esperienza fatta con motori in esercizio e in Sala Prova, il miglioramento dei processi produttivi ed il progresso realizzato nei mezzi di saldatura e di controllo (raggi X, ultrasuoni, ecc.), permettono di impiegare questo tipo di motore, nella versione con sovralimentazione ed aria refrigerata, per prestazioni continue corrispondenti a circa 167 Cv/cil a 1000 giri/min (p.m.e. = 13,4 kg/cm²).

Ciò significa che dai motori a 6, 8, 12, 16 cilindri si possono ottenere potenze unitarie rispettivamente di 1000, 1330, 2000 e 2700 Cv a 1000 giri/min.

raggiunte durante le prove. Dal grafico di fig. 2 si può notare inoltre che alla p.m.e. di 13,4 kg/cm², le temperature dei gas di scarico sono tali da garantire un buon comportamento alla durata degli organi del motore particolarmente sensibili all'effetto termico, come le valvole, le testate, lo stantuffo, le turbine, ecc. Anche la pressione massima di combustione è mantenuta su valori normali per motori di questo tipo ed inferiori a quella che è stata prevista in fase di progetto del motore.

Nel grafico suddetto sono riportati i risultati di un ciclo di prove di durata, con sovralimentazione ed aria refrigerata, nelle due seguenti condizioni:

- Col circuito dell'acqua destinata al raffreddamento dell'aria di sovralimentazione separato da quello dell'acqua destinata al raffreddamento del motore (in questo caso la temperatura dell'acqua, all'ingresso dei refrigeranti aria, è stata mantenuta a 45 °C secondo quanto viene prescritto dalle norme U.I.C.).

b) Con un circuito unico per l'acqua destinata al raffreddamento del motore e per l'acqua destinata al raffreddamento dell'aria di sovralimentazione. In questo caso la temperatura dell'acqua all'ingresso dei refrigeranti

$6 \pm 7\%$ quando la temperatura dell'acqua all'ingresso dei refrigeranti aria aumenta da 45°C a 65°C .

I valori delle prestazioni per le quali sono venduti attualmente i motori non sono evidentemente un punto d'arrivo, ma si potranno avere in futuro ulteriori incrementi appena saranno disponibili turbosolfanti che permettano un maggior rapporto di compressione e diano un sicuro comportamento alla durata.

Applicazioni varie del motore tipo 230.

Come già accennato, oltre che nell'applicazione ferroviaria, il motore 230 ha trovato impiego in molti altri campi, ad es. nella propulsione navale, in gruppi destinati ad impianti per la perforazione dei pozzi petroliferi, in gruppi elettrogeni terrestri e marini e in gruppi per motopompe.

L'adattabilità ai vari impieghi e alle maggiori prestazioni richieste al motore, è stata ottenuta senza variare né la struttura né gli organi del motore originale.

Per ogni applicazione vengono però eseguite quelle varianti richieste dal particolare impiego del motore (pompe e refrigeranti, coperture stagne, sistemazione del gruppo di sovralimentazione, ecc.); possono inoltre cambiare gli assetti dell'apparato di sovralimentazione e di regolazione poiché tali assetti dipendono dalle prestazioni richieste e dalle particolari esigenze del servizio al quale viene adibito il motore.

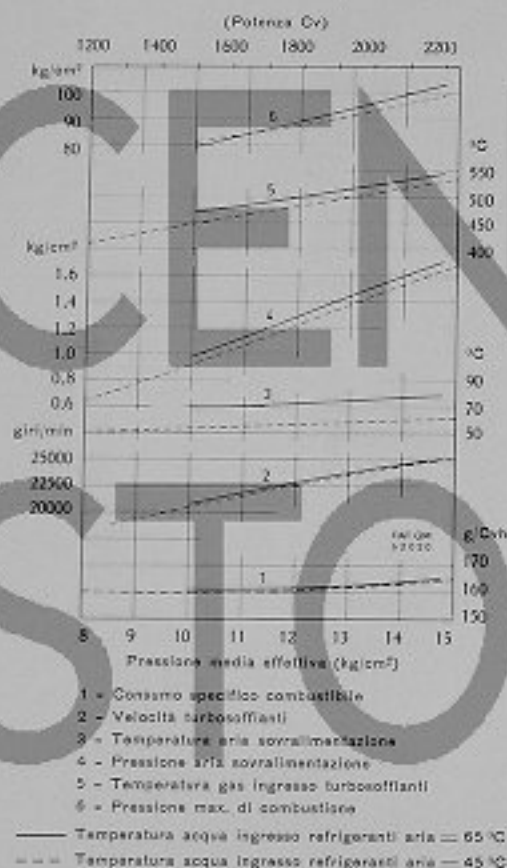


Fig. 2 - Diagramma prestazioni motore 2312 SSF.

aria è stata mantenuta a 65°C , valore ottenibile, con un facile compromesso tra le esigenze di raffreddamento dell'aria e quelle dell'acqua di raffreddamento del motore, con lo stesso impianto di refrigerazione a radiatori, proporzionato normalmente per raffreddare soltanto l'acqua circolante nei cilindri e nelle testate del motore.

Questo particolare ciclo di prove è stato eseguito per esaminare il comportamento del motore con una refrigerazione dell'aria che potremmo chiamare moderata; tale soluzione è talvolta preferita in alcune sistemazioni (locomotive e gruppi di trivellazione) data la notevole semplificazione che si può ottenere per il circuito esterno di raffreddamento.

I risultati di queste prove hanno dimostrato che, a parità dei parametri normalmente impiegati per valutare il carico termico del motore, la potenza si riduce del



Fig. 3 - Motore FIAT tipo 2312 SF, sovralimentato senza refrigerazione dell'aria, per applicazioni ferroviarie.

In particolare, le più recenti e interessanti applicazioni del motore in argomento sono le seguenti:

a) **Trazione ferroviaria.** - Sono stati costruiti per le Ferrovie dello Stato Italiano altri 55 motori 2312 SF destinati ad una seconda serie di locomotive diesel-

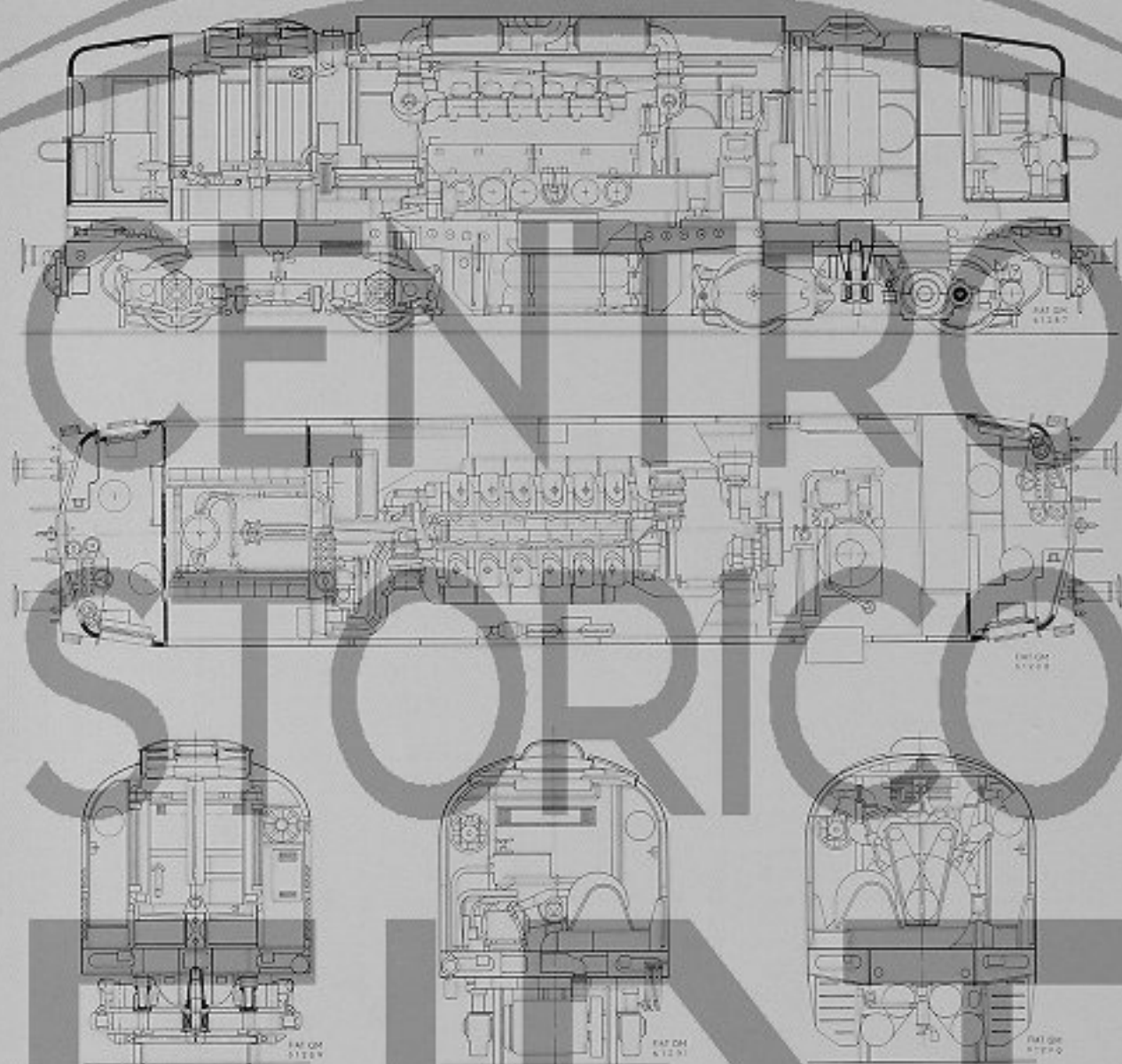


Fig. 4 - La nuova locomotiva diesel-elettrica D 341 delle FF. SS. azionata da un motore tipo 2312 SF.

elettriche, analoghe a quelle già in esercizio dal 1958. Per queste locomotive è stato però richiesto, a parità di peso con quello delle precedenti, un aumento dello sforzo continuativo di trazione si cerchioni da 7650 kg a 11 000 kg.

Poiché tale variante ha richiesto l'aumento del peso dell'apparecchiatura elettrica di trazione, allo scopo di rientrare nei limiti di peso imposti dal Capitolato di fornitura, è stato necessario sostituire il comando elettrico degli ausiliari (ventilatore, compressore, ecc.) col comando diretto dal diesel.

Le prestazioni richieste al motore diesel destinato a questa nuova serie di locomotive sono state aumentate da 1320 Cv a 1400 Cv a 1000 giri/min; data la piccola variazione di potenza, è stato però possibile impiegare ancora il motore sovralimentato senza refrigerazione intermedia dell'aria, sfruttando semplicemente il progresso nel frattempo realizzato nel funzionamento generale di questo tipo di motore.

Nelle figg. 3 e 4 sono illustrati, rispettivamente, il motore e la sua sistemazione a bordo delle nuove locomotive, 20 delle quali sono già entrate in servizio. Inoltre,

il motore 230 nella soluzione a sei cilindri e a bassa sovralimentazione, è stato scelto per una serie di locomotive di manovra destinate all'impiego industriale.

La prima applicazione ferroviaria del motore 230 nella versione con sovralimentazione ed aria refrigerata verrà invece realizzata con il motore a otto cilindri a « V », destinato ad una serie di locomotive adibite al servizio misto merci-passeggeri.

Questo motore, già in costruzione, verrà tarato a bordo per una potenza continuativa di 1400 Cv a 1000 giri/min.

b) **Propulsione navale.** - Sono stati recentemente collaudati i primi esemplari di una importante serie di motori 2312 SS destinati alla propulsione di navi a elica (fig. 5). Ciascun motore è accoppiato ad un riduttore di giri e ad un'elica a passo variabile. Il comando di questi motori può essere eseguito, oltre che sul posto, anche a distanza, mediante un telecomando di tipo elettroidraulico. In quest'ultimo caso la manovra (vedere schema di fig. 6) viene eseguita agendo su due leve disposte in plancia, una delle quali (1a) agisce sulla velocità di rotazione del motore e l'altra (8), indipendentemente dalla prima, agisce sul passo dell'elica. Il motore è dotato di un dispositivo automatico che, per ogni velocità di rotazione, impedisce

sicurezza meccanico che limita la quantità di combustibile al variare dei giri nel caso in cui per qualche ragione, non venisse automaticamente limitato il passo dell'elica.

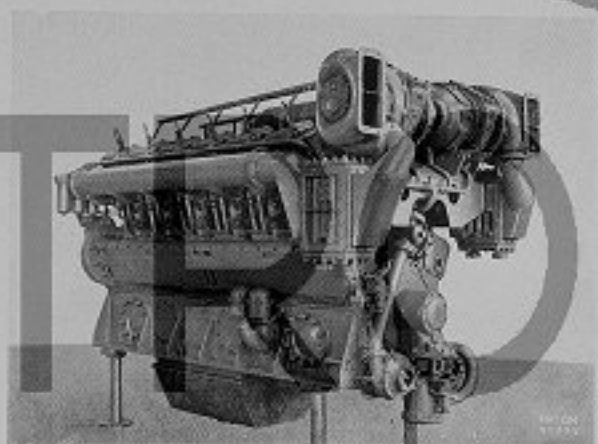


Fig. 5 - Motore FIAT tipo 2312 SS, sovralimentato con refrigerazione dell'aria, per apparati di propulsione.

In relazione alle esigenze della nave questi motori sono stati forniti per una prestazione d'esercizio di 1800 Cv a 1000 giri/min (p.m.e. - 12 kg/cm²) e sono

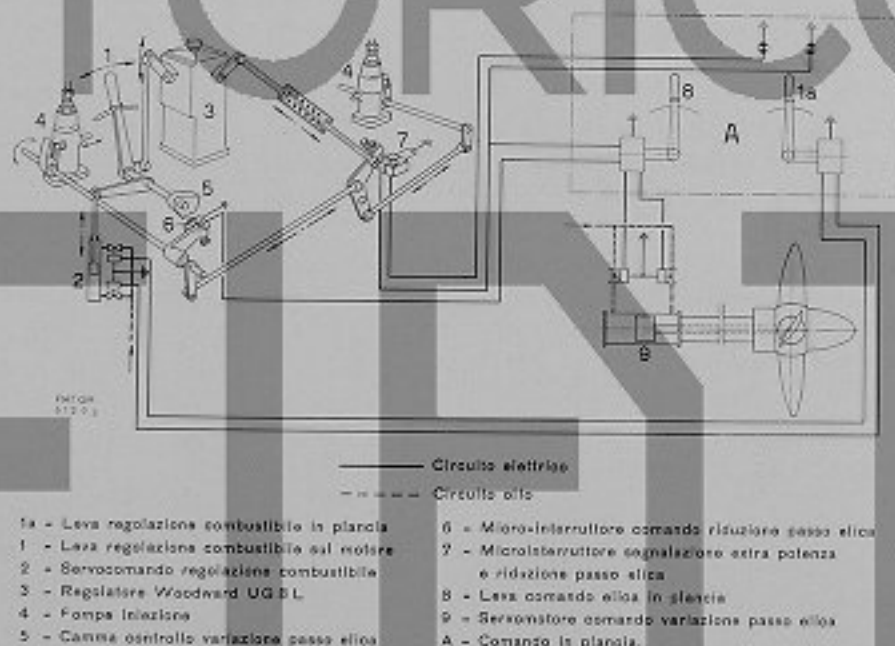


Fig. 6 - Schema comando regolazione combustibile e controllo variazione passo elica con elettrocomando, per motori tipo 2312 SS.

all'elica di aumentare il passo oltre quel limite che porterebbe in sovraccarico il motore stesso. Con un leggero ritardo rispetto a tale comando agisce un dispositivo di

dotati, ciascuno, di un apparato di sovralimentazione composto da due turbosoffianti e da due refrigeranti aria.

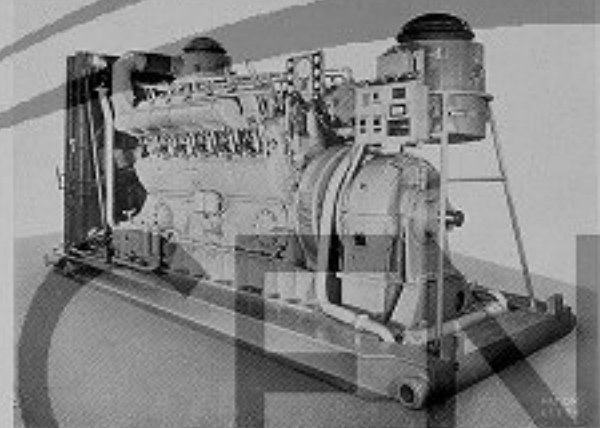


Fig. 7 - Motore FIAT tipo 2312 S, accoppiato ad un convertitore di coppia, per impianti di perforazione dei pozzi petroliferi.

L'apparato di sovralimentazione è stato riunito, per particolari esigenze di sistemazione a bordo, all'estremità lato pompe del motore su un'unica mensola applicata sull'incastellatura; questa soluzione, come si può notare nella fig. 5, è risultata molto compatta e particolarmente rigida.

Nella fotografia suddetta si può notare, al disotto della mensola che sostiene l'apparato di sovralimentazione, anche la sistemazione adottata per le pompe dell'acqua dolce, dell'acqua salata e dell'olio, comandate direttamente dal motore.

c) *Gruppi destinati ad impianti per la perforazione dei pozzi petroliferi.* - Dato il peso relativamente basso, i motori tipo 230 sono particolarmente indicati per gruppi trasportabili ed hanno trovato una rapida ed estesa utilizzazione anche per gruppi destinati ad impianti per la perforazione di pozzi petroliferi. Infatti

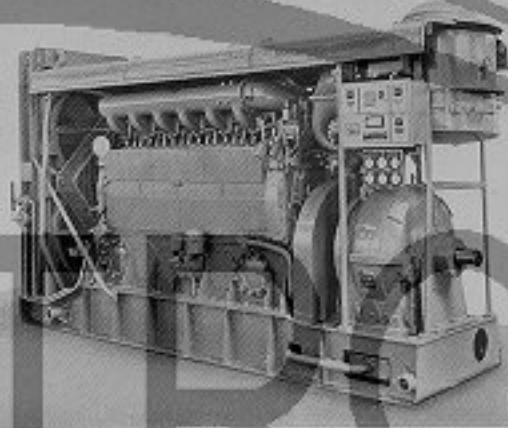
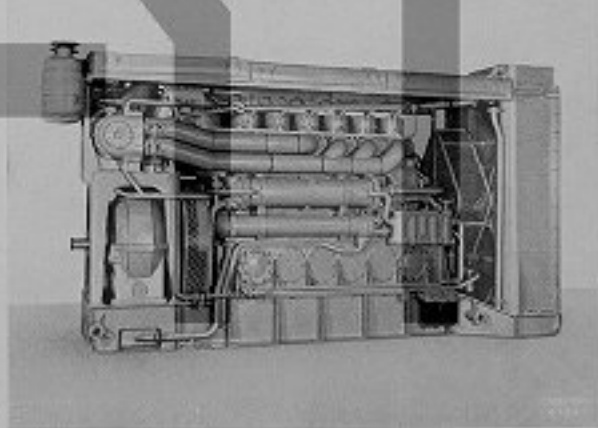
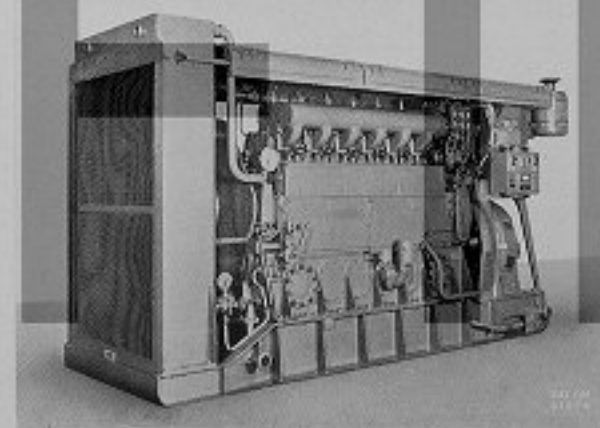


Fig. 8 - Motore FIAT tipo 236 S, accoppiato ad un convertitore di coppia, per impianti di perforazione dei pozzi petroliferi.

per questi gruppi, soggetti a frequenti spostamenti fra località disposte anche a notevole distanza fra loro, sono richieste apparecchiature facilmente trasportabili e che siano in grado di entrare in funzione rapidamente, in modo autonomo dall'ambiente. Come è noto, l'energia prodotta da questi gruppi viene utilizzata per l'azionamento della tavola rotaria, che è l'organo preposto alla trivellazione vera e propria, dell'argano, impiegato per la manovra delle aste, delle pompe del fango e per tutti i servizi accessori dell'impianto di trivellazione.

In questi impianti l'energia sviluppata dal diesel può essere utilizzata o direttamente (gruppi diesel-meccanici) oppure previa trasformazione in energia elettrica (gruppi diesel-elettrici); nel primo caso i macchinari dell'impianto di trivellazione sono comandati direttamente dal diesel, nel secondo caso sono azionati mediante motori elettrici alimentati da gruppi elettrogeni diesel.



Figg. 9-10 - Gruppo per impianti di perforazione dei pozzi petroliferi con motore FIAT tipo 236 SS.
Vista anteriore e vista posteriore.

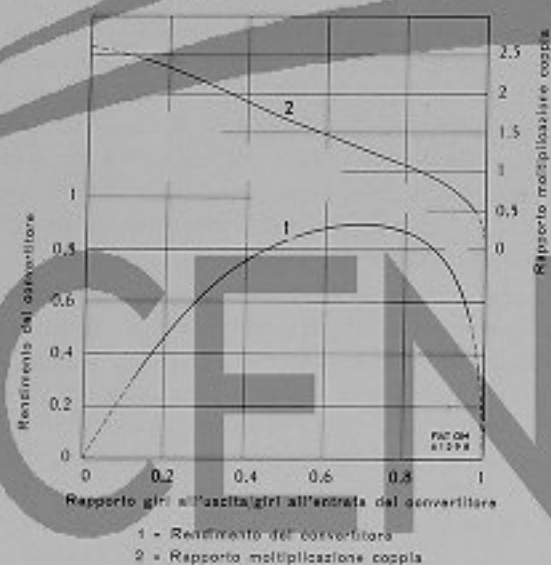


Fig. 11 - Curve caratteristiche del convertitore di coppia. Rilevi eseguiti con motore funzionante da 650 a 920 giri/min. Fluidi operante nel convertitore: olio FIAT RAX 27 (Viscosità = 2,7 E a 50 °C).

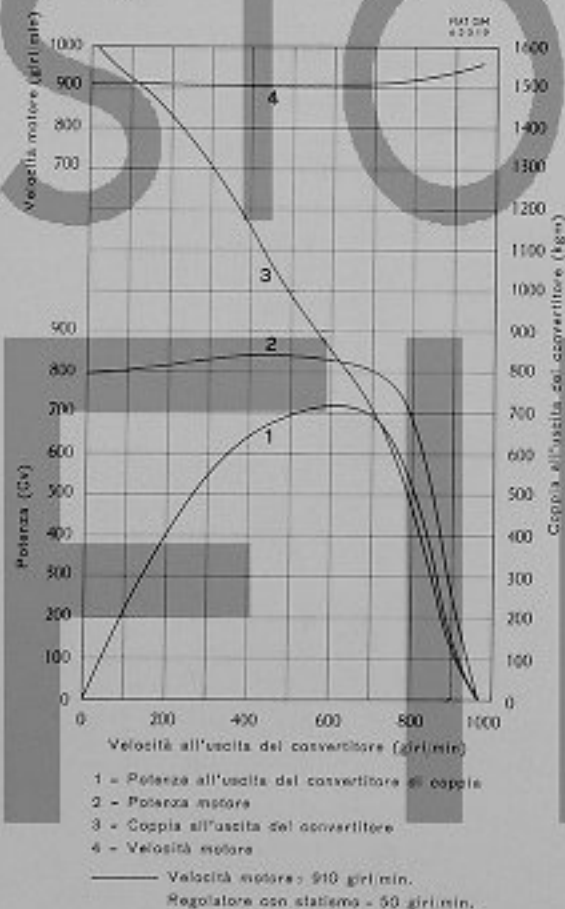


Fig. 12 - Curve caratteristiche di funzionamento per gruppi destinati all'azionamento di pompe del fango con motori 2312 S, dotati di convertitori di coppia.

A seconda dell'applicazione i motori sono sottoposti a condizioni di lavoro notevolmente diverse fra loro. Ad esempio, i motori destinati all'azionamento delle tavole rotarie e dell'argano, devono far fronte a frequenti brusche variazioni di coppia nelle quali si possono raggiungere delle punte anche molto più elevate ($2,5 \div 5$ volte) rispetto a quelle fornite dai motori. In questo caso i mo-

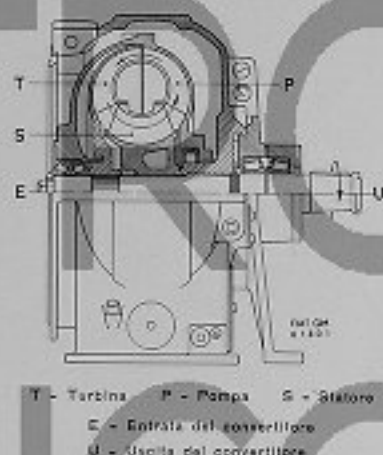


Fig. 13 - Schema di funzionamento del convertitore di coppia.

tori dei gruppi di perforazione diesel-meccanici vengono generalmente accoppiati ad un convertitore di coppia idraulico, che permette l'adattamento della coppia prodotta dal motore alla coppia resistente. Infatti, come è noto, questo meccanismo permette, a potenza e velocità costante sull'albero d'entrata, di ottenere dall'albero di uscita la stessa potenza (a meno del rendimento del convertitore) però con le sue caratteristiche (coppia e velocità) variabili secondo una legge che si adatta automaticamente alla legge di variazione della resistenza da vincere (*).

Per la stessa applicazione nei gruppi diesel-elettrici, l'adattamento della coppia prodotta dal motore alla coppia resistente, viene ottenuto mediante la regolazione dei motori elettrici a c.c.

(*) Il convertitore (figg. 11, 12 e 13) è costituito essenzialmente di due elementi rotanti, e cioè una pompa centrifuga, accoppiata direttamente al motore, ed una turbina, accoppiata all'albero di uscita del convertitore; tra questi elementi rotanti è interposto un elemento di reazione (statore) fisso alla carcassa.

Nel convertitore circola un fluido (olio) che, accelerato per azione della pompa, passa successivamente alla turbina e ritorna alla pompa attraverso lo statore e realizza la trasmissione della potenza dall'albero d'entrata a quello d'uscita. Allorché la coppia resistente aumenta, la velocità della turbina diminuisce rispetto a quella della pompa e di conseguenza la forza idromotrice del fluido intermedio, agente sulle alette della turbina, aumenta, determinando un aumento della coppia sull'albero d'uscita.

Con i motori 2312 S sono stati recentemente approntati dei gruppi autonomi destinati all'azionamento delle pompe del fango: ciascuno di tali gruppi è costituito dal motore diesel e dal convertitore di coppia, fissati ad uno

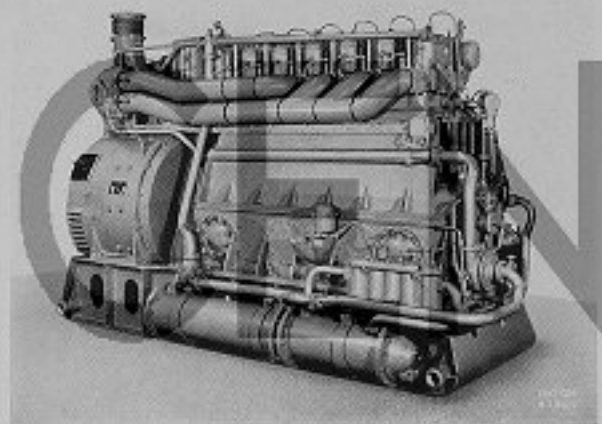


Fig. 14 - Motore FIAT 236 ESS - Gruppo moto-dinamo.

slittone di forma idonea a facilitare le operazioni di trasporto e di installazione. Sullo slittone sono anche applicati i radiatori, l'impianto di refrigerazione dell'acqua e dell'olio e l'apparecchiatura necessaria per la compressione dell'aria d'avviamento del motore (fig. 7).

Per questa applicazione il motore 2312 S è dotato di un regolatore di governo Woodward per tutti i regimi, tipo « lever control », predisposto per il comando a distanza.

Attualmente sono in fase di avanzata costruzione anche altri gruppi destinati all'azionamento di pompe del fango di maggiore potenza sui quali saranno impiegati i motori 2312 SS (1300 Cv a 880 giri/min; p.m.e. = 9,8 kg/cm²) accoppiati ad un giunto idraulico.

Per l'azionamento della tavola rotary, dell'argano e delle pompe del fango sono stati costruiti altri gruppi forniti di motori 236 S e 236 SS, accoppiati a convertitori di coppia, funzionanti in « compound ». Questi motori sono dotati di un regolatore meccanico del tipo centrifugo di « minimo » e di « massimo » che controlla l'immissione del combustibile alle due velocità minima e massima. Quando si vuole fare funzionare il motore ad un carico intermedio ai due valori suddetti, basta portare la leva per la regolazione del combustibile in corrispondenza di una tacca intermedia alle due velocità estreme. Lo spostamento di questa leva, permette di regolare l'alimentazione del combustibile in relazione al carico e alla velocità desiderati, indipendentemente dall'azione del regolatore.

La regolazione della velocità, e quindi del carico, può essere comandata anche a distanza mediante un servomotore pneumatico. Dato che tutti i suddetti gruppi sono destinati a lavorare normalmente all'aperto, si è ritenuto opportuno migliorare la protezione degli organi esterni della regolazione dagli agenti atmosferici e dalla sabbia, e adottare filtri per l'aria di alimentazione del tipo a bagno d'olio (figg. 7-8-9-10).

Oltre ai suddetti gruppi destinati alla trivellazione diesel-meccanica, sono stati anche approntati recentemente numerosi motori tipo 236 ESS destinati a dei gruppi elettrogeni moto-dinamo e moto-dinamo-alternatore (come si può vedere dalla fig. 15 la dinamo e l'alternatore sono comandati dallo stesso motore) per l'azionamento, con sistema di trasmissione elettrica, di impianti di perforazione petrolifera sistemati su piattaforme galleggianti.

In questi impianti la corrente continua prodotta dai gruppi moto-dinamo alimenta i motori elettrici che comandano la tavola rotary, gli argani e le pompe del fango.

La corrente alternata, prodotta dai gruppi moto-alternatori, viene impiegata per tutti i servizi di bordo, compresi i motori elettrici per il sollevamento della piattaforma.

I primi motori di questo tipo (figg. 14 e 15) sono già installati sulle piattaforme galleggianti dell'ENI « Catto Selvatico » e « Perro Negro » descritte nell'articolo seguente. Ciascuno di questi motori è montato su un unico slittone che porta anche le macchine elettriche da essi comandate.

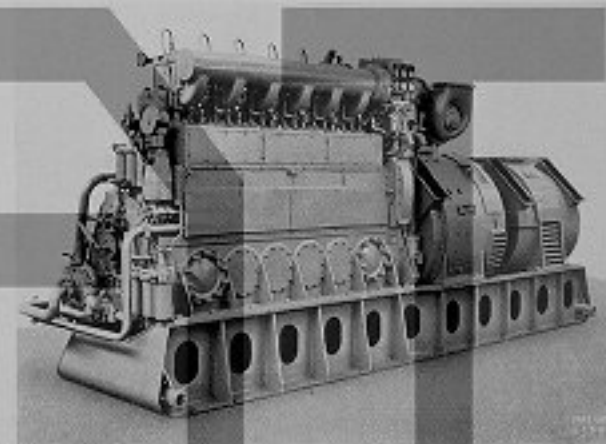


Fig. 15 - Motore FIAT 236 ESS - Gruppo moto-dinamo-alternatore.

In questa applicazione i motori sono dotati di un regolatore di governo del tipo con servomotore idraulico che permette:

- la variazione rapida della velocità dal minimo al massimo, mediante comando elettrico a distanza. In tal modo è possibile, pur mantenendo il motore a bassi giri durante il funzionamento a vuoto, metterlo rapidamente in condizioni di far fronte all'istantanea richiesta di carico da parte dell'impianto di perforazione petrolifera a corrente continua.
- la registrazione micrometrica della velocità, per poter effettuare il parallelo degli alternatori (allorché aumenta, per esempio durante la manovra di posizionamento della sonda marina, l'assorbimento di corrente alternata sulla rete di bordo).

d) *Gruppi elettrogeni di bordo.* - Oltre alle suddette applicazioni il motore 2312 è stato adottato, rispettivamente nella versione a media sovralimentazione e nella versione sovralimentata con aria refrigerata, per dei gruppi elettrogeni di bordo e per l'azionamento delle pompe del carico su una motocisterna di circa 80 000 t.p.l. che ha, come motore principale, il motore FIAT 9012 S la cui potenza massima supera i 30 000 Cv.

Per questo impiego le prestazioni richieste per i motori 2312 S e 2312 SS sono rispettivamente 1140 Cv a 900 giri/min (p.m.e. = 8,5 kg/cm²) e 1800 Cv a 1000 giri/min (p.m.e. = 12 kg/cm²).

Dott. Ing. SILVANO INNOCENTI - TORRINI.

PIATTAFORME MOBILI PER PERFORAZIONI SOTTOMARINE

Nel mese di marzo 1961 veniva ultimata nel cantiere di Marina di Carrara del Nuovo Pignone, per conto dell'AGIP MINERARIA, la piattaforma mobile per ricerche petrolifere sottomarine "Gallo Selvatico", che spedisce immediatamente destinata a ricerche nel Golfo Persico. Faceva seguito, nel mese di agosto, la seconda unità galleggiante "Petro Negro", costruita per conto della SAIPEM, pure del gruppo ENI, impiegata attualmente nella zona di mare antistante Rosarno.

Queste unità, costruite dalla Società Nuovo Pignone di Firenze, costituiscono le prime piattaforme mobili autosufficienti realizzate in Italia. L'energia necessaria per il funzionamento dell'organo, della tavola rotaria, delle pompe del fango e degli altri servizi di bordo, è fornita da sei gruppi elettrogeni azionati da motori FIAT 235 ESS.

Riportiamo, da una pregiata pubblicazione del Nuovo Pignone, una breve descrizione di queste unità e delle loro caratteristiche di funzionamento.



La ricerca petrolifera sottomarina.

La crescente importanza dei giacimenti petroliferi sottomarini, situati in vicinanza delle coste di alcune regioni del globo, rende sempre maggiore l'interesse per la ricerca e la coltivazione di tali giacimenti.

Per questo motivo, sempre più numerose sono oggi le piattaforme mobili per perforazioni sottomarine, che dai primi modesti esemplari di qualche decennio addietro, si sono oggi trasformate in poderosi impianti capaci di operare in mare aperto, nelle più difficili condizioni ambientali.

Le piattaforme mobili per perforazioni sottomarine

sono costituite essenzialmente da uno scafo che reca l'impianto di perforazione e che si appoggia sul fondo marino per mezzo di gambe scorrevoli, in modo da costituire una piattaforma ferma e robusta come è necessaria per la regolare esecuzione della perforazione. A tale scopo, giunta la piattaforma sul luogo prescelto, le gambe vengono abbassate fino ad appoggiare sul fondo e a determinare conseguentemente il sollevamento dello scafo ad una conveniente altezza sul livello del mare. Eseguita la perforazione, lo scafo viene abbassato e le gambe retratte in modo da consentire il rimorchio della piattaforma nella nuova posizione prescelta.

La forma dello scafo consente, oltre alla sistemazione

dei servizi di bordo, anche buone qualità nautiche per il rimorchio da una postazione all'altra, sia in acque calme che in mare aperto.

Le piattaforme mobili per perforazioni sottomarine si dividono in due tipi fondamentali:

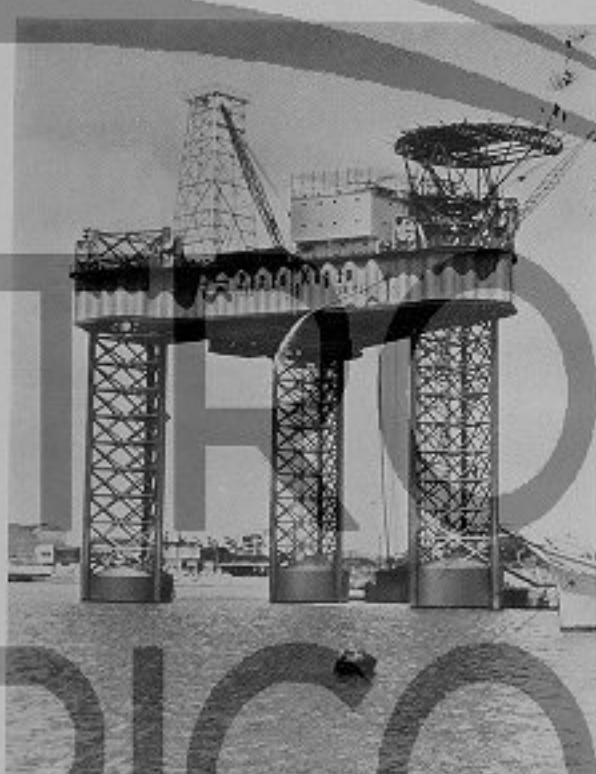
- a) piattaforme con nave appoggio
- b) piattaforme autosufficienti.

Le prime recano a bordo soltanto l'impianto di perforazione vero e proprio; tutti gli altri servizi e gli alloggi dell'equipaggio sono sistemati su una nave appoggio. Queste piattaforme si utilizzano in zone molto vicine alla costa, su bassi fondali e limitatamente ai periodi stagionali più favorevoli; d'altra parte hanno il vantaggio di un minor costo e di una relativa facilità di spostamento da una posizione all'altra.

Le piattaforme autosufficienti recano a bordo, oltre all'impianto di perforazione, tutti i macchinari, i servizi ed i materiali necessari al regolare funzionamento dell'impianto di perforazione con un'autonomia di alcune settimane. Particolarmente curati sono gli alloggi dell'equipaggio, che dispone di tutte le comodità di cui possono essere dotati i moderni transatlantici. Le piattaforme autosufficienti sono le uniche in grado di operare in mare aperto ed in qualsiasi stagione.

Il « Gatto Selvatico » ed il « Perro Negro ».

Il « Gatto Selvatico » ed il « Perro Negro » rappresentano quanto di più moderno sia stato finora realizzato nel campo delle piattaforme di tipo autosufficiente.



Lo scafo ha pianta approssimativamente triangolare che gli conferisce buone qualità nautiche per il rimorchio anche in mare aperto. Le gambe, in numero di tre, sono disposte ai tre vertici dello scafo ed hanno lunghezza sufficiente a consentire l'impiego della piattaforma su fondali fino a - 35 m.





- | | |
|--|---|
| 1 - Gruppi moto-dinamo - Mot. FIAT 235 EBS (*) | 11 - Compressori WA 50 |
| 2 - Gruppi moto-dinamo-alternatore - Mot. FIAT 235 EBS (*) | 12 - Compressori W 200 |
| 3 - Pannelli elettrici | 13 - Impianto distillazione "Mascari", |
| 4 - Quadro controlli e comandi elettrici | 14 - Officina di bordo |
| 5 - Pompa fango Ideco - N. Pignone MM 1250 | 15 - Pompa circolazione acqua salata |
| 6 - Pompa fango Ideco - N. Pignone 7 1/2" x 10" | 16 - Pompa circolazione acqua lavoro |
| 7 - Casse nafte | 17 - Cementatrice Halliburton Twin T-10 |
| 8 - Pompa nafte | 18 - Vascone fango |
| 9 - Depuratore "Laval" | 19 - Silos fango |
| 10 - Bombola aria compressa | 20 - Silos cemento |

* "Gatto Selvatico", e * "Perro Negro", - Pianta sul piano macchine.

Il movimento di abbassamento e sollevamento di ognuna delle gambe è indipendente da quello delle altre, per consentire un esatto livellamento della piattaforma, qualunque sia il profilo del fondale sul quale appoggia ed in qualsiasi fase della manovra. Il movimento delle

gambe è realizzato per mezzo di rocchetti che ingranano sulla cremagliera dei tre montanti di ogni gamba. Questo sistema presenta notevoli punti di vantaggio rispetto ai sistemi idraulici. La struttura reticolare delle gambe di sostegno, rispetto ad analoghe strutture tubolari, presenta

(*) Questi motori vengono descritti ed illustrati nell'articolo precedente a pag. 82.

il vantaggio di una minore resistenza al moto ondoso, con conseguenti minori sollecitazioni sulla struttura del complesso.

Alla loro estremità inferiore le gambe recano dei cassoni cilindrici destinati ad aumentare la stabilità dell'appoggio: in galleggiamento i cassoni vuotati dell'acqua di riempimento, contribuiscono alla stabilità della piattaforma. Altro vantaggio di queste piattaforme è costituito dal

al condizionamento dell'aria per tutti gli alloggi dell'equipaggio. Inoltre vi è un piccolo ospedale con quattro posti letto e annesso ambulatorio, provvisto dei mezzi per esami e cure di pronto soccorso. Per i casi che non possono essere curati a bordo, il collegamento a mezzo di elicotteri con la terraferma consente il rapido e razionale trasporto dei malati e degli infortunati al più vicino ospedale.



fatto che il numero delle gambe, ridotto al minimo indispensabile, semplifica la manovra e riduce il costo della piattaforma.

La necessità di operare in mare aperto ha imposto accurati studi per garantire la stabilità nelle più difficili condizioni meteorologiche: il « Gatto Selvatico » ed il « Perro Negro » possono resistere a venti con velocità fino a 160 km/h e al moto ondoso che in queste condizioni si sviluppa.

Lo scalo comprende il ponte di coperta ed il ponte inferiore. Nel ponte di coperta è montato il derrick e la sottostruttura dell'impianto di perforazione con il relativo parco tubi. Due gru di costruzione speciale « R. G. Le Tourneau », brandeggiabili in qualsiasi posizione, consentono il carico e lo scarico dei materiali.

Nella tuga, posta immediatamente a poppavia della gamba di prora, sono sistemati gli alloggiamenti dell'equipaggio, dotati di tutte le comodità necessarie per una comoda e prolungata permanenza a bordo, anche nelle più difficili condizioni climatiche. Al livello del ponte di coperta sono disposti gli spogliatoi, una serie di locali igienici, la lavanderia e la cambusa, le celle frigorifere per i viveri e la centrale frigorifera che provvede anche

Nel 1° ponte è sistemata la cucina, la sala mensa e la sala di ricreazione, oltre ad un certo numero di cabine a due e a quattro posti con i necessari servizi.

Nel 2° ponte sono disposte, oltre a cabine a uno e a due posti, la stazione R. T., gli uffici e l'alloggio del comandante.

L'acqua potabile e l'acqua di lavanda sono disponibili in quantità illimitata, grazie ad unità di distillazione e di potabilizzazione installate nella sala macchine. I collegamenti via radio con la terraferma sono assicurati grazie ad una moderna stazione radio ricevente e trasmittente.

Un eliporto montato sulla gamba di prora consente trasporti rapidi di uomini e materiali.

Nel ponte inferiore dello scalo è disposta la Centrale Diesel-elettrica costituita da sei gruppi elettrogeni FIAT-Marelli della potenza massima complessiva di 4500 Cv, per l'azionamento dell'impianto di perforazione e per tutti gli altri servizi di bordo.

Nel ponte inferiore sono pure alloggiate le pompe acqua, i compressori d'aria ed altri ausiliari, nonché due pompe fango Ideco-Pignone MM-1250 ed una pompa fango Ideco-Pignone tipo 7 1/4 x 10. Completano le attrezzature di perforazione vere e proprie una cemen-

tatrice Halliburton ed altri accessori. Lungo le fiancate dello scafo ed in corrispondenza della paratia che divide la sala macchine dal locale adiacente sono ricavate le vasche fango, nonché i silos del cemento e dei componenti del fango. Nel doppio fondo sono ricavati serbatoi per il combustibile, i lubrificanti, l'acqua potabile, ecc.

L'impianto di perforazione Ideco-Pignone tipo E-2500, a comando elettrico, ha una potenza di 2500 Cv e può perforare fino a 6000 ÷ 7000 m. Il derrick è stato progettato e costruito dal Nuovo Pignone. L'impianto di perforazione (derrick e sottostruttura) è scorrevole

su due guide longitudinali, onde poterlo spostare dalla posizione di lavoro all'estremità poppiera verso il centro dello scafo e viceversa. Con questo accorgimento si assicura da un lato la massima libertà di manovra all'impianto di perforazione in posizione di lavoro e dall'altro una migliore ripartizione del peso quando la piattaforma è in galleggiamento.

Un laboratorio fanghi e un laboratorio geologico, dotato delle attrezzature più moderne, ivi compresa un'unità Schlumberger per la determinazione delle caratteristiche elettrochimiche del fango, consentono di studiare e di seguire con continuità l'andamento del lavoro di perforazione.

In aggrando - Una sala di esperienze del Centro
Turbine FIAT. Il Centro Turbine FIAT dispone
di moderni impianti ed attrezzature per prova
sui componenti delle turbine a gas e per ricerche
di termofluidodinamica applicata.



CENTRO STORICO FIAT

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

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

Spedizione in abbonamento postale - Gruppo IV

