

TEORIA E STORIA DEL DESMODROMICO DUCATI

Conferenza dell'ing. **Fabio Taglioni**

Milano, 25 novembre 1989

51° Salone del Ciclo e Motociclo

E' stata credenza generale, nell'ambiente motoristico, che il sistema desmodromico che controlla il movimento delle valvole sia derivato dalla difficoltà di costruzione delle molle di richiamo.

Tali difficoltà, al giorno d'oggi, data l'evoluzione tecnologica dei materiali, non esistono più.

Infatti molti si chiedono se vale ancora la pena di sfruttare tale sistema pensando che esso sia complesso, costoso e di difficile manutenzione.

Lo studio meticoloso e metodico del moto dei gas e degli organi di intercettazione dà ancora ragione a tale sistema e, nel corso di questa breve relazione cercherò di spiegare la molteplicità delle cause.

Il motore a scoppio a 4 tempi infatti, dalla sua nascita a tutt'oggi, ha subito una evoluzione fortissima e continua dovuta non solo alla qualità migliore dei materiali impiegati, ma soprattutto all'evoluzione termodinamica che ha permesso di migliorare il rendimento del ciclo. Ciò è dipeso dalla possibilità di accedere, anche alle piccole fabbriche, a strumentazione di rilevamento dati sempre più sofisticati che hanno permesso di investigare i vari fenomeni fluidi e termodinamici che sono alla base dello sviluppo stesso dei motori.

Intendo riferirmi in larga parte ai fenomeni fluidodinamica che sono condizionati dagli organi della distribuzione destinati alla realizzazione delle fasi di aspirazione e scarico dei motori a 4 tempi ed in particolare agli otturatori funzionanti a sollevamento dalla sede, vale a dire alle valvole cosiddette a fungo. È noto infatti, che l'intercettazione del passaggio di un fluido entro una condotta, si può effettuare in vari modi più o meno semplici ed efficienti dal punto di vista motoristico e funzionale.

Stabilita quindi la corsa delle valvole, vale a dire l'alzata dalla sua sede, la sua fase di apertura e chiusura, la velocità angolare del motore, si può procedere alla definizione del meccanismo di comando, ossia alla scelta del migliore profilo dell'eccentrico ed al dimensionamento degli organi della distribuzione.

Premesso che il numero dei giri massimo che il motore può raggiungere, dipende essenzialmente dalla velocità del pistone, questa è condizionata dalla resistenza degli organi ad esso collegati.

Determinato ciò, resta il problema del comando delle valvole, supponendo risolti problemi fluidodinamica che non consideriamo in questa dissertazione.

La precisione e la stabilità della distribuzione assume di giorno in giorno sempre più importanza in quanto errori anche piccoli di fase e trafileggi di gas compromettono il buon andamento della combustione provocando emissioni inquinanti molto importanti e non più rientranti nei valori imposti dalle leggi vigenti. Occorre quindi, considerare, per motori di serie e in special modo, la necessità di mantenere il più a lungo possibile l'efficienza della distribuzione evitando, nel limite del possibile, ogni causa di logorio e disfunzioni.

Il movimento della valvola deve essere regolato da una legge di moto ideale stabilita in maniera da conciliare le esigenze funzionali della distribuzione con quelle meccaniche della resistenza dei materiali. Le esigenze funzionali, si possono far risalire essenzialmente nel mantenimento dell'apertura massima della luce di e flusso durante il tempo utile che si può esprimere con le differenze di pressione tra esterno e camera di combustione poiché solo in questo caso può avvenire il moto del fluido.

Quindi, se si potessero aprire e chiudere le luci di efflusso istantaneamente, non rimarrebbe che stabilire il tempo utile con un rilievo pratico delle sole pressioni esistenti prima e dopo la luce stessa e regolare il tempo di fase in conseguenza.

Il diagramma di moto della valvola, risulterebbe allora rappresentato da una semplice rettangolo. In realtà, le valvole hanno una certa massa ed in pratica, dovendosi porre un limite alle accelerazioni, le leggi del moto saranno espresse da curve raccordate ed estese ad angoli sempre maggiori quanto più è alto il regime di rotazione e corto il lasso di tempo.

L'efficienza della legge di moto della valvola si può esprimere con il rapporto tra l'area del diagramma di moto ottenuto e l'area del rettangolo ideale limitatamente al tempo utile durante il quale si ha efflusso di fluido.

Il criterio di allungare il diagramma di moto della valvola oltre i 180 gradi di rotazione dell'albero motore comprensivo dei due punti morti, deriva dal fatto che l'inerzia dei gas nella condotta di ammissione ritarda notevolmente l'inizio del flusso, quindi si può aprire in anticipo senza avere passaggio di gas attraverso la luce scoperta dalla valvola, mentre un certo ritardo alla chiusura, sfrutta l'inerzia stessa del fluido finché la pressione dinamica eguaglia quella interna al cilindro. Per lo scarico vale il criterio di sfruttare la pressione dei gas in espansione, finché si raggiunge il giusto compromesso fra perdita di lavoro e necessità di un rapido svuotamento del cilindro con una apertura importante della

valvola al fine di non dover ricomprimere i gas presenti nel cilindro durante la fase di scarico, per diminuire il lavoro negativo di pompaggio, mentre un posticipo alla chiusura può aiutare, con la depressione creatasi entro il cilindro per effetto dell'inerzia dei gas lungo il sistema di scarico, a dare inizio all'ammissione prima del richiamo della pressione che crea il pistone, ad effettuare anche un lavaggio importante della camera di combustione, evitando però fuoriuscita di gas freschi allo scarico, che aumenterebbe l'inquinamento.

Vediamo ora, quali regole di meccanica si devono seguire per avere un corretto movimento delle valvole.

L'accelerazione positiva che fa aprire la valvola, non può superare un certo valore nei punti di contatto poiché, secondo la legge di Hertz, il superamento di questo, crea deformazioni permanenti e logorio precoce delle superfici interessate.

L'accelerazione negativa che frena il moto della valvola fino a fermarla al termine della corsa ed imprimere poi il moto di ritorno è data solo dal carico della molla di richiamo che non può raggiungere valori eccessivi, perché si sommano all'effetto dell'inerzia durante la fase in cui agisce l'accelerazione positiva. Per le valvole di scarico occorre inoltre tenere presente l'effetto della pressione interna al cilindro che anch'essa si somma alle precedenti.

Per contenere l'urto iniziale di apertura della valvola, (conseguenza del gioco che occorre lasciare tra stelo valvola ed organo di spinta per evitare che, causa le deformazioni termiche, la valvola non si appoggi sulla sede) la velocità di inizio apertura deve essere più bassa possibile onde evitare martellamenti, rumori e sollecitazioni oltre il normale valore imposto dalla resistenza dei materiali.

Per questa ragione si impone la necessità di una rampa di raccordo a velocità costante tra il cerchio base della camma e la zona effettiva di profilo efficace.

Nell'angolo θ_1 del contorno della camma lungo il quale si estende la sporgenza che genera la legge del moto della valvola, si possono distinguere varie zone.

L'angolo morto $\Delta\theta$ corrispondente all'annullamento del gioco teorico Δh corrisponde alle rampe di raccordo o di avvicinamento.

L'angolo di salita effettivo Δh corrispondente alla corsa di alzata effettiva h della valvola, comprende un periodo di accelerazione positiva ed uno di accelerazione negativa.

L'angolo di salita apparente θ_1 è quindi la somma dei due precedenti $\Delta\theta + \theta_1$.

L'angolo di riposo θ_r lungo il quale si mantiene costante l'apertura della valvola, non si ha accelerazioni né positiva né negativa.

L'angolo θ_3 di discesa effettiva lungo il quale si ha prima un periodo di accelerazione negativa poi uno di accelerazione positiva.

L'angolo $\Delta\theta^1$ corrisponde al gioco.

L'angolo totale θ_t a cui corrisponde tutta la sporgenza della camma non è quindi quello a cui compete lo spostamento della punteria, ma soltanto la parte θ_e compresa entro le rampe di raccordo è quella che effettivamente genera l'apertura della luce di efflusso con l'allontanamento della valvola stessa dalla sua sede d'appoggio.

A questo punto occorre fare una osservazione molto importante a proposito del gioco teorico Δh corrispondente agli angoli $\Delta\theta$ e $\Delta\theta^1$.

La ragione del gioco Δh è dettata da esigenze multiple anche prescindendo dalla inevitabile dilatazione termica dei materiali.

L'elasticità degli elementi che costituiscono la catena cinematica del complesso della distribuzione, è certamente quella che ha la massima importanza poiché nasce mentre si applica la forza stessa creando, con le conseguenti deformazioni elastiche dei pezzi un ritardo notevole all'inizio ed alla fine del moto effettivo del complesso. L'entità di questo effetto, variabile secondo la grandezza della forza applicata, genera di conseguenza moti oscillatori dell'intero sistema difficilmente valutabili con la necessaria precisione. Nasce da questa considerazione il concetto di applicare al sistema difficilmente valutabili con la necessaria precisione. Nasce da questa considerazione il concetto di applicare al sistema le forze minime necessarie nel modo più regolare possibile evitando sbalzi repentini di sollecitazioni.

La forza massima applicabile al sistema è soggetta a vari fattori, primo dei quali l'inerzia dei componenti il meccanismo.

Nasce da qui la necessità di ridurre al minimo il numero ed il peso di quelli soggetti a moto alterno. Si spiega allora la soluzione della disposizione dell'albero a camme sulla testa del cilindro azionante la valvola o direttamente o tramite punteria o bilanciere.

Si ottiene in questo modo la massima riduzione dell'inerzia del complesso riducendo al minimo le forze necessarie per ottenere il voluto moto della valvola.

Una parte di queste forze è trasmessa dalla camma, l'altra parte della molla di richiamo.

Ma più il motore gira forte, più le forze d'inerzia crescono essendo proporzionali al quadrato della velocità angolare, poiché la possibilità di azionamento della molla porta necessariamente o ad un aumento di

peso di questa o ad una diminuzione dell'accelerazione che questa può imprimere facendola azionare per un tempo più lungo.

Da questa considerazione, è nata l'idea di eliminare la molla ed imprimere alla valvola la legge del moto corrispondente all'accelerazione negativa tramite una seconda camma.

Questo sistema chiamato "Desmodromico" vale a dire movimento controllato, è molto semplice nel concetto e già all'inizio del secolo si sono avuti i primi esempi di applicazione con risultati a volte disastrosi, a volte ottimi.

Il concetto, in sé molto semplice, trova allo stato di realizzazione difficoltà meccaniche e costruttive difficilmente sormontabili, a seconda della soluzione costruttiva utilizzata. Vale la pena a questo punto soffermarsi brevemente sulle caratteristiche che presentano alcuni dei diagrammi più rappresentativi della legge del moto della valvola.

Conoscendo a priori lo spazio percorso da questo, ossia l'alzata h ed il tempo impiegato per la sua effettuazione siamo in grado di stabilire l'andamento della legge del moto supponendo realizzati alcuni parametri geometrici fondamentali quali assenza di deformazioni meccaniche dei pezzi e moti oscillatori derivati che verranno considerati in un secondo tempo.

Il più intuitivo è il diagramma dell'accelerazione rettangolare simmetrico nel quale si rappresenta il tempo in ascisse e l'accelerazione, la velocità e gli spazi in ordinate.

Il moto derivante è uniformemente accelerato, per cui: $v = at$ $s = \frac{1}{2}at^2$

Se infatti n^1 è il numero dei giri al minuto del motore e $n = \frac{n^1}{2}$ è il

numero dei giri dell'albero a camme:

l'angolo percorso in un primo è $2\pi n$ radianti.

L'angolo percorso in un secondo è $\omega = \frac{2\pi n}{60}$

Allora l'angolo di salita espresso in gradi vale $\theta_1^\circ = \frac{\theta_1 \cdot 180}{\pi}$

Infatti $360^\circ = 2\pi$ radianti

$$1^\circ = \frac{2\pi}{360} = \frac{\pi}{180} \text{ radianti.}$$

$$n^\circ = \frac{n\pi}{180} \text{ radianti.}$$

Se θ_1° è l'angolo di salita in gradi, in radianti vale $\theta_1 = \frac{\theta^\circ \pi}{180}$

ed il tempo impiegato è $t = \frac{\text{spazio}}{\text{velocità}} = \frac{\theta_1}{\omega}$

Ma siccome mezza alzata è in accelerazione e l'altra mezza in decelerazione, dopo il tempo $t^1 = \frac{t}{2} = \frac{\theta_1}{2\omega}$

$$\frac{h + \Delta h}{2} = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} a \left(\frac{\theta_1}{2\omega} \right)^2 ; h + \Delta h = a \left(\frac{\theta_1}{2\omega} \right)^2$$

$$\text{Quindi } t = \frac{\theta_1}{\omega} = \frac{\theta_1 \pi 60}{180 2\pi n} ; a = (h + \Delta h) \left(\frac{2\omega}{\theta_1} \right)^2$$

La velocità essendo una funzione lineare è rappresentata da rette. Lo spazio percorso, cioè l'alzata $h + \Delta h$ essendo una funzione quadratica è rappresentata da due archi di parabola uguali.

- **Diagramma triangolare**

Sostituendo ai rettangoli che rappresentano l'accelerazione nel diagramma precedente con triangoli isosceli si evitano le brusche variazioni delle forze di inerzia e, di conseguenza, i carichi nei meccanismi di comando.

Volendo le stesse alzate nello stesso tempo aumentano le accelerazioni massime raggiungendo un valore doppio:

$$a = 2(h + \Delta h) \left(\frac{2\omega}{\theta_1} \right)^2$$

- **Diagramma sinusoidale**

Si ottiene un andamento più favorevole del moto con sollecitazioni più raccordate.

In questo caso si ha $a = \frac{\pi}{2} (h + \Delta h) \left(\frac{2\omega}{\theta_1} \right)^2$

minore che nel caso precedente.

- **Diagramma rettangolare disimmetrico**

Avendo le accelerazioni negative una limitazione più tassativa di quelle positive, conviene l'adozione di un diagramma disimmetrico composto da due rettangoli di altezza diversa.

In questo caso, dovendo essere nulla la velocità agli estremi dell'angolo θ_1 , l'area del diagramma deve essere inversamente proporzionale alle basi, in quanto devono avere la stessa area; di conseguenza più le accelerazioni sono basse, più il tempo di azione deve essere lungo e viceversa.

A parità di efficienza e quindi di area del diagramma di area del diagramma, le accelerazioni variano come numeri $1, 2, \frac{\pi}{2}, \frac{1+\alpha}{2}$ essendo

α il rapporto tra l'accelerazione negativa e positiva ossia tra il periodo di accelerazione e decelerazione.

A parità di angolo di fase sia l'efficienza, sia l'accelerazione, sono largamente influenzate dall'angolo di riposo θ_r . Entrambe crescono molto rapidamente con l'aumento di θ_r per cui per motori molto veloci può convenire ridurlo al massimo ed anche annullarlo completamente.

Da notare a questo punto che l'accelerazione positiva crea delle forze d'inerzia sulla valvola, variabili con il quadrato della velocità angolare che devono essere contrastate dal carico della molla per evitare il distacco della punteria della camma.

Il carico della molla si somma quindi alle forze d'inerzia e, all'aumentare del numero dei giri assume valori sempre più importanti. Lo sforzo da esercitare sulla valvola per metterla in movimento deve essere però contenuto in termini tali da non superare il valore fissato dalla legge di Hertz per le superfici a reciproco contatto.

Da qui, nasce la necessità di non superare certi valori del rapporto $\frac{1}{\alpha}$ fra accelerazioni positive e negative per non dovere usare molle troppo dure e mettere in crisi l'intero sistema di comando della distribuzione.

Il sistema di comando desmodromico elimina questa difficoltà poiché, non necessitando di molla per le accelerazioni negative, permette di effettuare una legge di moto con accelerazioni simmetriche essendo simili le caratteristiche costruttive sia in apertura che in chiusura della valvola.

Per valutare se conviene o no applicare il sistema desmodromico occorre fare alcune considerazioni sulla funzione della molla e vedere fin dove è possibile sostituirla con un sistema meccanico. Essenzialmente, la funzione della molla è duplice.

Durante le fasi di apertura occorre mantenere il contatto fra i vari organi della catena cinematica, onde evitare che i moti oscillatori, derivanti dal gioco Δh per l'elasticità del complesso, creino martellamenti delle superfici a contatto.

Dal momento in cui si annulla l'accelerazione positiva, il moto della valvola deve essere decelerato fino al raggiungimento dell'alzata

massima $\Delta h + h$ e mantenere il contatto fra i vari organi per rendere il moto della valvola conforme al profilo della camma. Durante le fasi di discesa, la molla deve imprimere alla valvola l'accelerazione negativa in modo sufficiente da seguire il profilo della camma durante l'inversione del moto fino alla fine della accelerazione negativa, dopodichè mantenere la valvola a contatto con l'eccentrico relativo all'organo di spinta.

Giunti alla chiusura, la molla deve mantenere la valvola in sede e frenare le risonanze che avvengono nell'urto contro la sede stessa.

Durante la fase di riposo, la molla deve assicurare una sufficiente pressione sulla sede per garantirne la chiusura con buona tenuta anche quando la pressione a tergo della valvola risulti alquanto superiore a quella regnante nella camera di combustione.

Per la valvola di scarico, tale situazione può verificarsi durante la fase di aspirazione per la depressione creata nel cilindro dal moto del pistone e specialmente a bassi carichi del motore (gas chiuso). Questo fatto è della massima importanza ai fini dell'inquinamento e del buon andamento del motore a regime di minimo.

Il carico minimo della molla deve quindi essere tale da vincere in ogni istante la forza di inerzia che è il prodotto dell'accelerazione, relativa al diagramma di alzata per le masse degli organi dotati di moto alterno.

Data la proporzionalità fra tensioni e deformazioni elastiche il diagramma della molla risulta quindi affine a quello delle alzate della valvola. Considerando quindi diagrammi affini fra loro le accelerazioni risultano proporzionali ad $h + \Delta h$ ed inversamente proporzionale a

$$a \left(\frac{\theta_1}{\omega} \right)^2$$

Abbiamo dunque per l'accelerazione massima negativa, a cui deve

provvedere la molla, un'espressione del tipo $a_{\max} = \beta (h + \Delta h) \left(\frac{\omega}{\theta_1} \right)^2$

Ove β è un coefficiente che tiene conto della forma del diagramma e rappresenta il margine di sicurezza che, oltre alla prerogativa di tenere sicuramente aderenti tutti i componenti del cinematismo alla camma quando il rapporto $\frac{1}{\alpha}$ tra accelerazione positiva e negativa risulta disimmetrico, ha anche la possibilità di coprire in parte un eventuale fuori giri e totalmente la diminuzione di carico dovuto allo snervamento naturale della molla nel tempo.

Il carico da applicare sull'organo di comando e cioè sulla camma, risulta comprensivo quindi delle forze d'inerzia del sistema di comando, del

carico della molla e della forza che genera la pressione differenziale esistente fra le due facce della valvola.

L'eliminazione totale della molla risulta perciò dannoso ai fini di una corretta correlazione fra profilo teorico del diagramma delle alzate e moto reale della valvola.

Quindi diventa intuitivo, se non necessario eliminare la funzione della molla soltanto per quanto concerne l'applicazione al sistema della accelerazione negativa ad essa preposta.

In tutte le altre fasi del diagramma, l'utilità della molla diventa perciò una innegabile necessità.

Il carico minimo necessario da imporre è dunque funzione del valore massimo della forza che nasce dalla pressione massima differenziale esistente sulle due facce della valvola .

Questo carico può risultare trascurabile in confronto alle altre forze agenti sul sistema, ma è necessario tenerlo in debito conto e valutarlo a seconda della necessità d'uso del motore stesso.

Questo praticamente, è l'unico carico che occorre ponderare nel comando Desmodromico. (Molti tentativi di realizzarlo, sono falliti proprio per non aver dato l'importanza dovuta a questo fattore).

Mentre, con il sistema tradizionale, il carico della molla deve tenere conto di tutto ciò che è stato elencato precedentemente e viene trascurato questo fattore perché largamente coperto dal carico minimo della molla a valvola chiusa.

Nato con l'applicazione pratica dei principi fisici fondamentali testé esposti, dopo oltre trent'anni di onorato servizio, il Desmodromico Ducati, non ha mai dato dubbi di incerto valore dimostrando che la corretta applicazione di regole sane di meccanica è sempre valida ed indiscutibile. Allego alla presente relazione alcuni dei più significativi sistemi di comando desmodromico realizzati, in alcuni dei quali si può notare l'assenza di qualsiasi tipo di molla preposta allo scopo.

Per risolvere in maniera corretta il problema "Desmodromico", ho cercato dapprima quali differenze funzionali esistevano fra il sistema bialbero e quello monoalbero. Ho riscontrato che il carico delle molle (usando lo stesso diagramma delle alzate), non presentava che lievi differenze riscontrabili specialmente nel fuori giri, infatti il monoalbero sfarfallava con più facilità del bialbero.

Ho così applicato ambedue i sistemi usando il bialbero per l'apertura ed il monoalbero, rovesciato come funzionamento, per la chiusura o più precisamente per le fasi di accelerazione positiva e rispettivamente negativa. È nato così il dispositivo illustrato in fig. 6, che ebbe il suo esordio nel 1956 con sorpresa generale, dato l'incremento di potenza non tanto superiore all'aspettativa, quanto l'incremento di coppia e la estensione del regime di giri.

Ciò è stato determinato soprattutto dalla possibilità di sfruttare una forma del diagramma delle accelerazioni con aree circa simmetriche data la similitudine delle aree e quindi delle sollecitazioni applicabili.

Ho escluso il carico principale della molla, mantenendo però un piccolo carico con l'applicazione di una molla molto leggera per le funzioni precedentemente illustrate.

Il limite dei giri del motore non era più limitato dalla funzione delle molle, ma solo dal funzionamento del solo manovellismo. La struttura a tre alberi iniziale ha subito poi negli anni 60 una semplificazione usando il monoalbero con 2 bilancieri e relative camme per ogni valvola.

Dai sistemi antichi illustrati, a camme biunivoca cilindrica usati attorno agli anni 20 da Bignan, si è passati alle camme a doppio effetto. Ma solo con l'uso di due camme separate per le diverse funzioni e cioè per l'accelerazione positiva e negativa si è giunti ad un meccanismo sufficientemente corretto, fino a quelli usati più recentemente dalla Porsche, dalla Mercedes e dalla Norton.

In tempi recenti sono nati mezzi di calcolo estremamente rapidi e precisi che permettono di esplorare in campi di indagine molto più profondi di quelli del passato, si possono così calcolare e costruire diagrammi e fasi molto più perfezionati e rispondenti alle esigenze dei motori più moderni, resta però sempre valido il principio del meccanismo comunque si scelga la soluzione costruttiva, purché rispondente alle leggi ineluttabili della meccanica applicata.

È mio convincimento che i futuri incrementi di potenza e di coppia a bassi giri, a parità di altre condizioni costruttive del motore, si possano ottenere applicando al sistema fluidodinamica concetti nuovi di apertura a chiusura delle luci di passaggio.

Il sistema desmodromico è uno di questi e la conferma convalidata dalla messe di vittorie ottenute su tutti i campi di gara.

Come si può incrementare allora, l'efficienza di un diagramma di distribuzione col desmodromico e quali sono i punti deboli di questo sistema?

L'efficienza si misura confrontando, nella stessa scala, le aree coperte dal diagramma delle alzate. Va inteso che il semplice allungamento delle fasi, dà risultati notevoli, ma l'effetto delle risonanze lungo i condotti riduce sempre la gamma di giri entro i quali l'utilizzo del motore è rispondente alle aspettative. Vale a dire la curva di partenza subisce sì un incremento apprezzabile, ma limitato ai regimi dove la frequenza delle onde si è accordata con quella del motore. Quello che maggiormente interessa, è però la costanza della pressione media

effettiva $P_{me} = \frac{900n}{Cn}$ ossia il rapporto potenza/giri essendo $\frac{900}{C}$ una

costante dipendente dalla cilindrata stessa C del motore. Quanto più è alto questo rapporto, tanto più è completo il rendimento volumetrico, quindi il riempimento del cilindro coi gas freschi e di conseguenza l'utilizzo dell'energia termica immessa.

Dovendo il diagramma delle accelerazioni aver superficie dell'accelerazione positiva uguale a quella negativa, risulta che le ordinate sono circa inversamente proporzionali alle ascisse.

Ciò sta a significare che il tempo di azione delle accelerazioni positive è tanto più corto quanto più è bassa l'accelerazione negativa. Cioè fissando a priori il carico massimo della molla si può stabilire, a pari alzata, il valore dell'accelerazione positiva. Nel caso di diagramma rettangolare si ha: $at = a^+t^1$.

Lo sforzo da esercitare sulla valvola risulta allora proporzionale ad (a) sommato col carico della molla. Ma mentre il carico della molla (z) è costante, l'accelerazione sale col quadrato di ω .

Quindi il lavoro speso per il movimento della valvola risulta della somma di due parti una circa fissa l'altra variabile con ω^2 .

Escludendo il carico della molla e sostituendo a questa un meccanismo capace delle sue funzioni si elimina il carico all'inizio dell'apertura, ma non il lavoro per portare la valvola in posizione.

La funzione del desmodromico quindi non elimina parte del lavoro ma lo distribuisce risultando alla fine lo stesso.

Resta da osservare però che il carico sulla valvola sprovvista di molla è decisamente inferiore a quando è presente, quindi si può aumentare l'accelerazione positiva di questo valore (z).

Ne risulta perciò una velocità di apertura più alta per cui può stringere il valore angolare della fase ed aumentare l'apertura con l'incremento del tempo morto avvantaggiando l'efficienza stessa.

NOTA

Il testo riportato è quello consegnato dall'autore. Rispetto all'esposizione verbale, presenta una maggiore completezza nella trattazione teorica. Purtroppo i presenti alla conferenza non vi ritroveranno il calore, l'immediatezza e la spontaneità che hanno caratterizzato la presentazione fatta oralmente dall'autore.

Riteniamo comunque opportuno integrare lo scritto con le aggiunte di carattere storico fatte dall'autore nella sua esposizione.

A proposito della prima versione del desmodromico con due alberi per l'apertura delle valvole ed uno centrale per il controllo della chiusura, l'autore ha fra l'altro dichiarato:

"... Avevamo fatto delle prove con motori 125 con il classico richiamo delle valvole con molle sia in una soluzione monoalbero che in una

soluzione bialbero che presentavano il comune problema delle molle che entravano in risonanza sopra i 12.000 giri/1'.

Passando al desmodromico con gli stessi diagrammi il motore ha raggiunto agevolmente i 14.000 giri/1'.

Sfruttando come aumento delle accelerazioni il guadagno di carico relativo alla soppressione delle molle e quindi facendo dei diagrammi di apertura valvole atti a sfruttare le caratteristiche del desmo siamo passati sullo stesso motore da 16,5 CV a 12.000 giri/1' a 19,8 CV a 14.000 giri/1'.

Gli studi sono iniziati nel 1956 ma la versione definitiva a tre alberi con i nuovi diagrammi è del 1958.

In quei tempi avevamo sulle moto da corsa dei freni non proprio eccezionali e spesso le rotture di motore erano imputabili ai fuori giri fatti nello scalare le marce.

Con il desmo nelle scalate si vedevano punte di 16.000 giri ed oltre senza inconvenienti".

"Con il desmodromico il vantaggio principale è quello di poter utilizzare diagrammi più stretti rispetto a quelli consentiti con il richiamo a molle.

Si riesce così ad avere motori con buone potenze a regimi elevati senza perdere a basso regime. Sui primi 125 di cui ho parlato si stava da 10 a 14.000 giri nel campo di variazione di 1 CV".

"Può essere interessante sapere perché abbiamo scelto per il comando della distribuzione un sistema con albero e doppie coppie coniche anziché un comando a cascata di ingranaggi o a catena. Mi trovavo a Modena a fare delle prove sulla vecchia pista dell'Autodromo con il 125 e si provavano diverse soluzioni monoalbero e bialbero ma senza grossi risultati, sempre sui tempi attorno ad 1'10".

Ad un certo momento il pilota, che era Degli Antoni, si ferma alla curva dell'artiglieria. Penso che abbia rotto e gli vado incontro. Mi fa subito segno di no, poi appena mi raggiunge mi dice: "Mettiamo la moto sul camion e andiamo a casa perché io un motore così non l'ho mai visto. Così come è adesso non ci sta dietro neanche una 250. Sono venuto fuori dalla curva e ho visto 12.000 giri che prima non vedevo neanche a spingere. Ho chiuso subito il gas perché così va bene. Non tocchiamolo più!".

Appena in ditta abbiamo aperto il motore e l'albero di comando della distribuzione era rotto. Una rottura a fetta di salame che consentiva in tiro un corretto funzionamento come fosse un giunto elastico.

Abbiamo subito introdotto un parastrappi e abbiamo risolto ogni problema. Anzi, variando il diametro dell'albero ero in grado di controllare il regime di risonanza al di là del quale il motore non saliva

più di giri. Usavo un alberino di maggior diametro nei circuiti veloci, uno di diametro minore per i medio – veloci ed uno ancora più piccolo per i circuiti lenti dove non volevo andare oltre i 1.000 giri”.

A proposito del cambiamento dalla soluzione a tre alberi a quella, più diffusa, con un solo albero, l'autore ha detto:

“Il sistema a tre alberi consentiva di avere riferimenti precisi di confronto con i precedenti motori a molle ed inoltre, con il montaggio separato delle camme e degli ingranaggi sugli alberi, con bloccaggio a cono, ero in grado di variare a piacimento fasature e digrammi di distribuzione. In mezz'ora, cambiavo quello che volevo – una volta trovate le fasature idonee ho potuto passare al sistema monoalbero che è di realizzazione più facile.

Devo dire però che i risultati che ho visto con il tre alberi sono stati superiori a quelli del monoalbero e soprattutto non c'erano usure.

Sul monoalbero a questo proposito la situazione era già buona perché si poteva fare una 24 ore “tirata” senza che la registrazione delle valvole si alterasse ma con il motore a tre alberi si poteva fare un'intera stagione”.

Parlando delle prestazioni delle diverse soluzioni è stato precisato che:

“La soluzione recente a quattro valvole dà 170 CV/litro, che è un valore notevole per un bicilindrico di grossa cilindrata. Le versioni a carburatore erano attorno ai 150-160 CV/litro sui monocilindrici e 208 sul bicilindrico, sempre con 24-25 metri al secondo di velocità del pistone e da 12 a 14 kg/cm² di pressione media effettiva”.

DOMANDE E RISPOSTE

AUGUSTO FARNETI

Vorrei sapere quali sono state le sue esperienze di progettista ante – esperienza Ducati.

TAGLIONI

Prima della Ducati, ho lavorato per altre due aziende. Ho progettato un 75 bialbero, che poi è stato modificato per il Giro d'Italia (un bialbero era un po' troppo pesante). È stato modificato in un monoalbero che poi ha fatto il Giro d'Italia diverse volte, la Milano – Taranto e un mucchio di altre corse, con il marchio Ceccato.

Quel motore è stato il mio biglietto da visita quando mi sono presentato, su richiesta sua, al conte Borselli. Cercava un progettista giovane, che avesse una certa esperienza. Io gli ho detto: guardi, esperienza non ne ho, però sono capace di fare queste cose qui, e gli presentai il motore finito. Mi disse: “A me non interessa il motore però mi interessa lei

perché io mi occupo dal 125 in su. Posso aiutarla a venderlo se vuol venderlo, però a me non interessa". Ed infatti mi ha aiutato lui a venderlo alla Ceccato, mi ha lasciato andare alla Ceccato per la messa a punto e poi ho lavorato alla Mondial per due anni, fino al '54, anno in cui sono venuto alla Ducati.

Alla Mondial ho fatto la messa a punto dei motori del Giro d'Italia, 125 e 175, e poi ho iniziato il progetto di quello che allora chiamavano il "Bilancerino", quel 125 a molle scoperte che usava una testa simile a quella del Ceccato. Poi ho fatto il bialbero, che era sempre il bialbero Ceccato, messo su Mondial, e poi per disguidi di personale, ho lasciato la Mondial e sono andato alla Ducati, dove sono tuttora. Questa è la storia vera.

Il primo motore non l'ho fatto in officina, l'ho fatto a scuola, perché allora facevo l'insegnante di materie tecniche alla Scuola industriale. E siccome allora insegnavo tecnologia, laboratorio e disegno, facevo disegnare i pezzi ai ragazzi, glieli facevo sgrossare in officina di fucina poi li facevo lavorare in officina macchine. Abbiamo poi montato il motore che era quello che era, ma con dei ragazzi di cui il più grande aveva 15 anni, non si poteva far di meglio e ho quindi sudato un pochino a far dei pezzi un po' precisi, ma siccome io venivo dalla gavetta e so lavorare di martello e lima in tutte le macchine, dove mancavano loro intervenivo io.

LUCA TRAVAGLIN

Volevo fare tre domande di tipo teorico.

La prima è: lei ha parlato di problema di carico puntuale, del carico che è distribuito sull'area piccola. Volevo sapere se questo problema si presenta anche quando riguarda l'apertura della valvola e mi sembra che sull'apertura di una valvola desmo si fa il conto solo su un piccolo registro che non ha il vantaggio di estendere quest'area.

TAGLIONI

Di area ce n'è anche d'avanzo. La superficie è più che sufficiente perché basta calcolare lo sforzo e la curvatura del pattino che va sopra in base alla legge di Hertz perché resista. Il registro è fatto per comodità di registrazione, per prima cosa, e per seconda cosa perché la durezza della valvola si ammacca e il gioco può aumentare. Il puntalino ha la superficie tutta indurita e non si ammacca.

TRAVAGLIN

Poi un'altra domanda sulla tenuta ai bassi regimi. Lei ha detto che si può garantire la tenuta della valvola solo con una molla particolarmente dura. Agli alti regimi la molla non serve?

TAGLIONI

Non serve a niente.

TRAVAGLIN

Altra domanda: sul due valvole "Desmo" la casa consiglia un controllo delle valvole ogni 3.000 km, mentre ho notato che questo controllo è esteso a ben 20.000 km sul 4 valvole. Quali sono i materiali cambiati?

TAGLIONI

I materiali sono sempre quelli.

La questione è che il 4 valvole ha dei pesi molto più piccoli, per cui la sollecitazione sulla valvola è molto più bassa di quella del 2 valvole. La ragione del 4 valvole non è tanto nel dire: con 4 valvole il motore va più di due, fino a un certo regime non è vero niente, va di più il 2 che il 4. È che da un certo regime in poi se le valvole diventano grosse e pesanti, non tengono; il carico aumenta e allora bisogna rimpicciolire e alleggerire il tutto.

Comunque, non è che il desmo ogni 3.000 chilometri si debba registrare. Se il desmo è fatto bene, quando l'ha registrato dopo 1.000 chilometri ne fa altri 50.000 senza toccarlo, a meno che non superi di molto i giri ammessi.

LORENZO BOSCARELLI

Lei ha lanciato il desmodromico per le corse, poi per tanti anni l'attività della Ducati diretta alle corse è venuta un po' meno rispetto ai trionfi degli anni '50. Qual è stato il suo interesse tecnico in tutto questo periodo e qual è il ricordo, invece, delle corse che ha più caro nella sua memoria?

TAGLIONI

Ci sono tanti aneddoti. La storia della Ducati è molto complicata, perché abbiamo avuto diversi padroni, come si suol dire. Prima il FIM, che dopo una certa esitazione si era convinto alle corse, perché dovevano fare propaganda. Le abbiamo vinte, abbiamo dato alla fabbrica dei prodotti, e si pensava di andare avanti per inerzia. È crollata.

Poi, abbiamo ricominciato con altri padroni. Dopo il FIM è venuta l'EFIM. Anche l'EFIM era convinta delle corse, ma bisognava ricominciare da capo: per prima cosa, fare i prodotti come andavano fatti e, in secondo momento, propagandare quello che si voleva vendere. Allora stavamo studiando il 750 e, per venderlo, ho consigliato di propagandarlo con le corse.

Abbiamo fatto la corsa ad Imola e molte altre, con buoni risultati. A quel punto mi si disse che si spendevano troppi soldi. Allora me ne sono andato e, dopo aver cambiato ancora padrone, sono venuti a riprendermi. È sempre stato un tira e molla.

Quando si ha un padrone si può discutere col padrone. Uno la vede in un modo, uno la vede nell'altro, ma le due strade, alla fine, convergono. Ma quando i padroni cambiano tutti i giorni con idee commerciali tutte differenti, è difficile trovare una soluzione.

Dal punto di vista tecnico io volevo sviluppare le mie idee. Quando mi hanno imposto di fare un prodotto mi sono licenziato. Non ho problemi di sorta: o si fanno le cose come vanno fatte o io non ci sto.

PERELLI

Nella realizzazione del desmodromico qual è stato il problema più difficile da risolvere e quali prospettive ha il desmodromico nella tecnica del futuro, sempre restando nel campo delle applicazioni motociclistiche?

TAGLIONI

Direi che di difficoltà iniziali ce n'è stata una sola: la tenuta dell'anellino sulle valvole. Quello l'abbiamo rimediato nitruando le valvole. Gli altri problemi, quelli di messa a punto e di trovare i diagrammi giusti, sono problemi di normale routine per le moto da corsa. In produzione, quando hanno fatto come andava fatto, il desmo non ha mai dato nessun problema. Sono 30 anni che lo facciamo e problemi non ne dà ancora.

Per il futuro nessuno fino adesso si è interessato di desmo, per quello che ho detto all'inizio, cioè che tutti pensavano che il desmo servisse per togliere le molle. Non è vero niente, è tutto al rovescio.

La potenza aggiuntiva data dal desmo, l'ho già detto prima, è come minimo il 10% in un motore a benzina. Si può cercare qualunque camma, qualunque sistema, qualunque numero di valvole, ma fintanto che le valvole vanno con le molle, col desmo vanno di più.

Costerà di più, sarà più complicato, ma fatto come va fatto il desmo dà almeno il 10% di più. Però la prerogativa del desmo non è tanto la potenza in più, è la coppia. Il desmo parte da zero col massimo di coppia perché si può stringere il diagramma.

PERELLI

Secondo lei come mai i giapponesi non hanno mai preso in considerazione il desmo, loro che fanno tutto?

TAGLIONI

Non l'hanno preso in considerazione forse perché è un sistema che per le serie che fanno loro è un po' pesante. A farlo bene ci vuole della manodopera; invece loro di manodopera non ne vogliono impiegare tanta.

BENITO BATTILANI

Vorrei conoscere alcuni suoi motori che sono rimasti allo stato di progetto oppure che sono arrivati fino al banco e poi abbandonati.

TAGLIONI

In 20 anni circa di Ducati, ho progettato qualche centinaio di motori. Quando si ha un tema, ognuno lo svolge in un modo o nell'altro, io lo stesso tema l'ho anche svolto con tre o quattro sistemi diversi per cui alla fine si faceva l'esame: quello che va meglio, quello che costa di meno, quello che è più affidabile, quello che inquina di meno, quello che piace di più perché oggi soprattutto il 90% delle vendite è moda, non è tecnica.

Quindi, fra i tanti si scarta quello che serve meno o che almeno si pensa che serva meno.

Poi ci sono altri problemi: per esempio, oggi sembra che il mercato abbia una direzione. Per fare un motore e metterlo a punto non bastano mai meno di due anni e quello che oggi sembra una bomba da qui a due anni sembra il rovescio, e allora si abbandona e buonanotte.

BATTILANI

Ci siamo traditi, ing. Taglioni. Abbiamo fatto capire chiaramente la nostra terra. Quando diciamo "motore" noi intendiamo la motocicletta, ma siamo solo noi. Io mi riferivo invece a un blocco motore, a un suo progetto magari abbastanza particolare che non è andato in produzione e che magari noi ignoriamo che lei abbia fatto, ma mi riferivo al blocco e non alla motocicletta. Ho detto motore anche se noi per motore intendiamo moto.

TAGLIONI

Più o meno è la stessa cosa. Due motori che non sono andati avanti sono i bicilindrici 250 e 350, quelli di Hailwood. Erano motori che andavano molto bene, avevano solamente un difetto gravissimo: le vibrazioni.

Ci fu poi il periodo in cui cambiammo padrone e vendettero tutto il disponibile, prima ancora di metterlo a punto.

Il motore di Hailwood l'ho fatto in pochi mesi, anzi ne ho fatti due. Uno l'ho provato dentro alla Ducati avanti e indietro, il secondo hanno finito

di montarlo nel camion mentre andavano a correre e poi non l'ho più visto.

Oggi si possono fare tante critiche, ma anche i motori non è che si possono fare in 47 giorni. Ci sono riuscito perché ne ho accoppiati due. Avevo le idee chiare e il personale disponibile: avevo 30 persone a lavorare; facevo i disegni a mano libera; li passavo al modellista con tre o quattro quote e per il resto andava avanti lui a occhio.

Anche per il motore del Giro d'Italia, la "Marianna", non è che abbia inventato niente. È un motore che ho disegnato a mano libera durante le ferie. In settembre, sono venuti i disegnatori, in un mese abbiamo fatto i disegni al meglio che si potesse e i modelli, in novembre ce n'erano già cinque marcianti per strada.

Sono sempre stato fortunato e molto veloce perché la mano ce l'avevo buona, anche a mano libera, per cui facevo i disegni anche senza compasso, bastavano le quote fondamentali. È inutile star lì a quotare i reggettini quando c'è la riga.

Il modellista stava vicino a me: andavo da lui mentre costruiva i modelli. Anche la fonderia l'avevamo noi, avevamo tutto.

EMILIO MENDOGNI

Qualche gara andata male?

TAGLIONI

Ce ne sono state tante. La prima andata male è stata una prova del Campionato del mondo, ma non perché andassero male i motori, perché sono andati male i corridori, la vostra razza. E lì, con tre macchine in testa abbiamo perso il campionato per una ragione, diciamo di onestà, perché se volevamo vincere il campionato mondiale lo poteva vincere solamente Taveri, ed era a pari punti con Gandossi, solo che Gandossi sappiamo tutti chi sia. È così adesso, ma era ancora peggio, allora.

Il nostro direttore Montano mi fa avere un biglietto che dice: "Lei vada all'Ulster e dica a Taveri di stare dietro a Gandossi".

Io sono andato là e ho fatto il mio dovere. Ho detto: "Guarda: mi ha detto Montano che tu devi stare dietro a Gandossi". "Va bene - mi ha risposto - Se gli ordini sono questi".

Effettivamente, è stato dietro a Gandossi per mezza gara, finché Gandossi è volato via. Allora è andato davanti, al posto di Gandossi. Dopo un po' il Gandossi si è rifatto sotto, l'ha ripreso e allora lui ha pensato: quello è caduto perché aveva paura che io lo volessi sorpassare. Allora l'ha lasciato andare avanti. All'ultima curva Gandossi è volato via per la seconda volta e ha vinto Ubbiali e Taveri gli era a ruota.

Un'altra gara che è andata gobba è stata in Olanda. Poteva vincere Taveri venti volte, perché la dimostrazione gliela abbiamo data chiara e tonda tante volte alla MV (tanto per non fare nomi), solo che all'ultima curva c'era Taveri davanti, Ubbiali dietro e Provini di qua. Provini ha tenuto aperto nell'ultima curva, ha tagliato la strada a Taveri e Ubbiali è passato in mezzo ed è andato al traguardo.

La domenica dopo gli abbiamo dato il resto a Spa, ma anche Spa è stata una disgrazia per Taveri. Lì non ha preso punti, altrimenti il campionato l'avrebbe vinto lui. Taveri è rimasto al palo di partenza, perché non gli è partito subito il motore. Allora è sceso, ha tirato indietro la compressione, ha spinto in avanti, gli altri erano già in cima alla salita. Per radio danno i passaggi a Stavelot dicendo: "1° Taveri, e poi gli altri". Ma è impossibile, è partito adesso!

Dopo un po' si sente un rombo venire da dietro i box. Si sentiva che era uno solo. Penso: qui uno è caduto, e gli altri gli sono andati addosso. Il primo è riuscito a passare: passa davanti ai box, era Taveri.

Ma da dove è passato questo qua? Lì aveva già presi e suonati. Al secondo giro arriva il gruppo, Taveri non c'è. Sarà caduto! Andando in quel modo lì si casca. Passa il terzo giro c'era Taveri davanti e tutti gli altri dietro. Insomma, gira gira, dopo sei giri è arrivato sesto in gruppo. Aveva perso un giro. Gli aveva ripreso un giro in sei giri.

Era successo che quando gli hanno cambiato la candela, prima della corsa, hanno tirato via il serbatoio, l'hanno appoggiato in terra, e nello sfiato della benzina era andato del catrame o un sasso, non arrivava più l'aria. Infatti dopo il primo giro non arrivava più aria, ed è rimasto a secco di benzina. Quando se n'è accorto ha aperto il tappo, ma aveva già perso un giro. In sei giri lo ha ripreso.

La più bella gara del 125 (me l'ha chiesto lei), è stata a Ravenna. La prima gara l'avevamo vinta noi a Modena, e allora si diceva che avevamo vinto perché la MV non aveva preparato bene la macchina. La seconda gara era a Ravenna, dove non avevamo mai corso. In gara, si sono messi a litigare Ferri e Spaggiari. Tira tu che tiro anch'io, Ubbiali e Provini hanno preso un giro e mezzo. E allora anche lì: mah, i rapporti, il carburante, l'aria, non siamo riusciti. Va beh, a me non interessa, basta che si vinca.

La terza gara è stata ad Alessandria. C'era Spaggiari davanti, ad un certo punto è volato via. È saltato fuori pista, si è rotta la clavicola. Ha aperto la tuta, ha infilato il braccio dentro, poi con una mano sola ha ripreso la moto, l'ha rimessa in moto, è ripartito, è arrivato primo, poi è svenuto. Allora cosa vuoi andare a dire che la MV va più forte? Per me andava più piano, anche se abbiamo perso.

STEFANO MILANI

Com'è nato il bicilindrico che è il suo modello più famoso, quello più diffuso?

TAGLIONI

Quello a V? Perché c'è il parallelo a quello a V. Il parallelo era nato a 4 cilindri a V e poi ho tolto i due davanti perché non interessava il due e mezzo. Invece l'altro è nato perché m'hanno chiesto di fare un bicilindrico concorrenziale che andasse meglio di tutti gli altri, perché c'erano il Norton, il BSA, il Triumph, il Laverda, c'erano tutti quelli lì che andavano bene, c'era poco da fare.

Ma loro ne volevano uno migliore e io dico: per farlo migliore si può fare solo uno che vibri di meno perché meglio di quelli là non sono capace neanche io di fare. E allora per non farlo vibrare l'ho messo a V. A V naturalmente non vibra, e così è nato il V.

Poi dopo l'abbiamo rifatto un po' più grosso. Anzi no, prima è nato grosso poi l'abbiamo fatto piccolo. E la distribuzione a cinghia l'abbiamo messa perché con quella a ingranaggi non riuscivamo più a trovare fornitori qualificati.

Poi per calare un po' il costo, il rumore, la messa a punto, l'abbiamo messo a cinghia dato che le cinghie sembrava che andassero bene. Alle prove è andata bene ed è andata avanti così.