

ALBERI contro radice

Tesi & Antitesi continua l'indagine sui nuovi componenti adottati dai KF, a cui la gran parte dei kartisti farà l'abitudine. Dopo valvola di scarico e accensione, è la volta del contralbero, analizzato da due tecnici d'eccezione: Carlo Boscolo e Umberto Merlin.

di Daniele Leone

Sembra paradossale, eppure il bisogno di un albero di bilanciamento - contralbero - nascerebbe da un'esigenza strutturale del telaio e non del motore!

Sebbene non sia l'unica soluzione, il contralbero rappresenta il sistema necessario ad eliminare un problema dovuto all'aumento della cilindrata, cioè il conseguente aumento delle vibrazioni. Il principio è semplice: contrapporre alla massa del pistone un'altra massa rotante per attenuare le vibrazioni dovute alle forze d'inerzia, in misura non inferiore al 25% (come da Regolamento CIK-FIA).

L'adozione del contralbero sui nuovi motori KF trova nella sostanza concordi tutti i tecnici: era necessaria. Le divergenze tra gli addetti ai lavori sono più che altro tecniche, tra i fautori del contralbero con massa direttamente sull'ingranaggio e chi invece la preferisce distinta.

Ma cosa c'entra il telaio? L'esperienza lame e Rotax ha insegnato molto, particolarmente quella derivata dal Leopard. Secondo Carlo Boscolo infatti, era fondamentale evitare i problemi che affliggevano i telai dotati di motore Leopard - 125cc antesignani dei KF, a frizione e batteria ma senza contralbero - spesso soggetti a crisi irreversibili dovute a frequenti spaccature di fuselli. Anche per

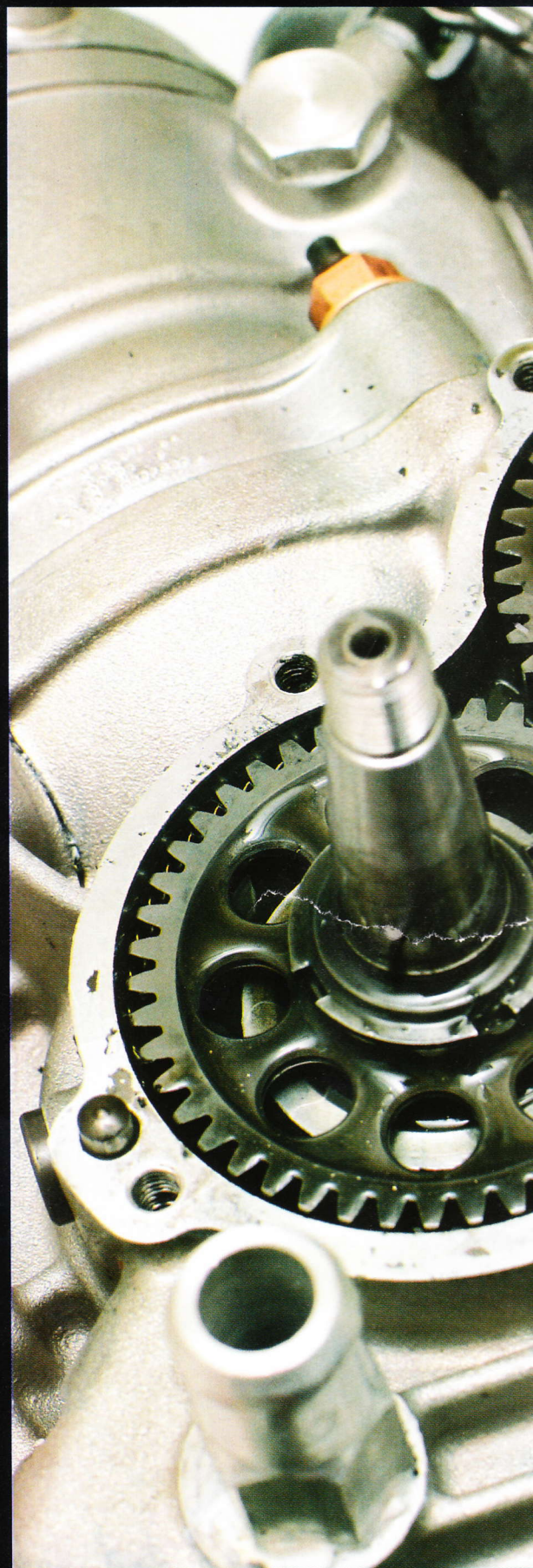
Umberto Merlin concepire i KF senza un sistema che smorzasse le vibrazioni sarebbe stato impensabile. Eppure prende una strada tecnicamente diversa dalla maggior parte dei costruttori - posizionando la massa rotante direttamente sull'ingranaggio - che si sta rivelando di particolare successo nella categoria di maggiore interesse per Merlin, la KF3, dimostrando di aver centrato l'obiettivo.

Carlo Boscolo - Responsabile tecnico Birel Motorsport

- L'esigenza del contralbero è arrivata nello stesso momento in cui si è deciso di sviluppare i KF. Il 100 era arrivato ai suoi limiti: era necessario tuttavia mantenere lo stesso livello di prestazioni. Per questo avevamo bisogno di sviluppare un motore in grado di garantire molta potenza ma con regimi inferiori. L'equazione era aumentare la cilindrata per aumentare la potenza per aumentare lo spettacolo. Girando meno, il motore subisce meno sollecitazioni ma il problema diventano allora le maggiori masse rotanti, dovute all'aumento di cilindrata. Questa è l'esigenza alla base dell'adozione del contralbero.

Perché le vibrazioni non mettono in crisi anche i motori 125 dotati di cambio?

segue a pag.58



Le mannaie nel motore

Il contralbero di equilibratura è uno dei componenti che caratterizzano i nuovi 125 KF, ed è forse uno dei componenti meno noti, in quanto collocato all'interno del carter, e la sua funzione non è ben nota ai più. Allora cosa è e a cosa serve l'albero di bilanciamento?

di Marco Natoli

Per la Cik/Fia il progetto KF doveva possedere una buona dose di fruibilità, vale a dire un insieme di accorgimenti che rendessero più facile e piacevole l'utilizzo dei nuovi propulsori, come avviamento elettrico e frizione automatica, dispositivi con i quali creare un'immagine facile di un karting che non costringesse più ad avviamenti e partenze funamboliche, ma che consentisse una completa autonomia in questo senso.

Non riaccendiamo in questa sede considerazioni o polemiche sull'opportunità di applicare queste soluzioni anche alle classi racing KF2 e KF1,

volute proprio per poter dire che la base corre con gli stessi motori dei campionati open e internazionali. In questo quadro si colloca anche l'albero di bilanciamento, la cui funzione è ridurre

i costruttori attualmente impegnati nella categoria, forse un po' timorosi di affrontare strade diverse, visti anche i numerosi nuovi dispositivi da mettere a punto, ma anche coscienti che una percentuale più alta avrebbe comportato una maggiore inerzia da mettere in movimento, la quale però avrebbe restituito l'energia accumulata, proprio come un volano, migliorando il tiro del motore.

Come è fatto

Si tratta di un asse sul quale è ricavata per lavorazione o applicata una massa eccentrica. È dotato di un ingranaggio per prendere il moto dall'albero motore rispetto al quale ruota alla stessa velocità ma in verso opposto, da cui il nome di contralbero, oltre a quello più ortodosso di albero di equilibratura o di bilanciamento. L'ingranaggio ha quindi lo stesso numero di denti del suo coniugato.

Esistono molti modi per ottenere la massa eccentrica, che a volte può essere composta da più di una concentrazione (o assenza) di materiale. La Vortex ha realizzato un contralbero piuttosto originale. È innanzitutto scomponibile in 3 parti, un alberino (di sezione circolare e non dotato di eccentricità propria) e 2 masse eccentriche calettate alle estremità, una delle quali tramite chiavetta, la stessa sulla quale si fissa l'ingranaggio che prende il moto dall'albero motore, fermato poi da un dado avvitato sull'estremità filettata. All'interno delle masse eccentriche sono alloggiati 2 cuscinetti (e questa è un'altra originalità), uno a sfere e l'altro a rulli. Il vantaggio è aver reso indipendenti le masse eccentriche (omologate) dal relativo albero che potrebbe anche essere sostituito. La soluzione di questo tipo inoltre è stata dettata dall'estrema compattezza del RAV, che ha il pacco lamellare verticale e le masse eccentriche che ruotano in pratica ai suoi lati, nella parte anteriore bassa del carter.

le forze d'inerzia del 1° ordine, e quindi le vibrazioni del motore, aumentando il comfort complessivo per il pilota. Il regolamento tecnico impone che la percentuale di equilibratura non scenda sotto il 25%, valore sul quale si sono attestati tutti

Alcuni esempi di come si può realizzare l'eccentricità che crea una forza che equilibra quella di inerzia del 1° ordine. Nel PCR (foto grande) è incorporata nell'ingranaggio, nel TM (sopra) presenta un'altra mannaia all'opposta estremità, mentre il Parilla ha un albero scavato



Alla Tm hanno orientato la progettazione per mantenere le masse concentrate adottando l'albero di bilanciamento con massa distinta dall'ingranaggio

- In realtà le vibrazioni non recano rischi solo per i motori, ma soprattutto per i telai. Con i Leopard, uno dei primissimi motori TaG prodotti in tempi non sospetti, spesso i telai si spaccavano, soprattutto nella zona dei fuselli. Questo non succede con i 125 a marce, perché la presenza del cambio permette una diversa distribuzione dei pesi ed un migliore bilanciamento. Del resto i rapporti del cambio fanno girare i motori dagli 8000 ai 13000 giri, mantenendo il regime nell'arco di 5000 giri. Il Leopard invece attaccava a 8000 giri, tirando fino ai 16000, sfruttando quindi un range di 8000 giri... immaginatevi le sollecitazioni!

Tra i motori omologati sono presenti due diverse soluzioni: contralbero con massa sull'ingranaggio oppure con massa distinta da questo. Chi ha fatto centro?

- La soluzione di Merlin e Pcr merita complimenti: la semplicità del contralbero a ingranaggio si sposa bene con la KF3, dove la potenza è ridotta e il carburatore è limitato ai 20mm, dunque c'è bisogno

di minor problemi di attriti, ridotti come nei casi Merlin e Pcr.

Tuttavia sono convinto che alla Tm, nostra partner alla Birel, abbiano fatto un ottimo lavoro, orientato anche alle categorie superiori. Poiché il contralbero gira esattamente a 180 gradi rispetto alla posizione del pistone, il suo scopo è azzerare l'inerzia e di conseguenza le vibrazioni. La soluzione con massa direttamente sull'ingranaggio permette una posizione più ravvicinata al pistone, ma non un perfetto posizionamento, poiché è laterale rispetto all'asse di rotazione. Questo provoca un momento torcente e quindi una pecca di equilibratura. Il posizionamento ideale è quello Rotax, che però comporta ingranaggi più grandi. Ispirandosi sia ai Rotax che ai motori da motocicletta Yamaha, alla Tm hanno orientato la progettazione per mantenere le masse concentrate, posizionando il contralbero sotto lo scarico e distinguendosi ad esempio dalla soluzione Vortex, concettualmente simile, ma che lo ha posizionato sotto il pacco lamellare.

Umberto Merlin - Merlin Racing

- Per noi esistevano solo due soluzioni: omologarsi alla maggior parte delle aziende e seguire l'esempio Rotax - con contralbero distinto - oppure realizzare un ingranaggio che avesse già in sé la massa rotante da contrapporre all'albero motore. Abbiamo poi scoperto che sia noi che la Pcr eravamo gli unici a lavorare in questa ultima direzione.

Visti i risultati la vostra scelta risulta efficace?

- Il nostro Xtr adotta un contralbero di bilanciamento con massa rotante sull'ingranaggio: una soluzione semplice pensata soprattutto in virtù delle necessità della categoria KF3, su cui puntiamo



molto. Infatti la nostra soluzione si dimostra particolarmente adatta a lavorare ai bassi regimi e non va dimenticato che la KF3 è la categoria limitata ad un massimo di 14000 giri.

Sebbene siano ancora solo le prime gare, come quantificate il vostro vantaggio in termini di tempo?

- Onestamente, il contralbero di bilanciamento non è determinante ai fini cronometrici. Il suo ruolo è invece ponderante per quel che riguarda l'intero bilanciamento del motore e dunque, indirettamente, per le prestazioni complessive del motore. Ampliando l'ottica del giudizio, con il suo ruolo votato ad eliminare le vibrazioni, il contralbero è importante per l'intero sistema motore-telaio, offrendo una maggiore stabilità dell'assetto.

E progettualmente parlando?

- Sulla carta abbiamo avuto molta più libertà perché le dimensioni occupate dal contralbero con massa sull'ingranaggio sono molto ridotte. Ma al di là della fase progettuale, un altro grande vantaggio sta nella fase meccanica: per smontare il motore si impiega molto meno tempo, e sappiamo benissimo quanto sia preziosa la disponibilità di tempo durante le fasi di gara.



Il nuovo MRC adotta un contralbero di bilanciamento con massa rotante sull'ingranaggio: una soluzione semplice pensata soprattutto per i KF3



La Vortex (A SINISTRA) ha scelto la soluzione con 2 masette rimovibili, separate dall'asse. La Maxter (SOTTO) si è affidata a un doppio intervento: ha alleggerito l'asse di rotazione su un fianco e nello stesso tempo ha appesantito eccentricamente l'ingranaggio e l'estremità opposta.

L'altra tipologia prevede ingranaggi appesantiti da settori circolari ricavati per lavorazione (in pratica si è evitato di alleggerire e forare tutto il cerchio, lasciando pieno un settore circolare) e un solo cuscinetto. Si tratta di una soluzione semplice e compatta e molto diffusa.

Le forze d'inerzia e il manovellismo

Il manovellismo è composto da albero motore in rotazione, dal pistone in moto rettilineo alternato e dalla biella il cui moto è la combinazione dei primi due, detto roto-traslatorio.

Le forze d'inerzia si manifestano sui corpi che subiscono variazioni di velocità di traslazione ed è il caso del pistone completo di perno, fermi e segmenti; la sua velocità non è mai costante, varia in continuazione. In ogni istante è quindi sottoposto alla forza d'inerzia che raggiunge il massimo ai

punti morti, dove è massima l'accelerazione (la velocità cambia segno). L'albero motore ruota ed è sottoposto a forza centrifuga.

E la biella? La sua eccezionale prerogativa di trasformare il moto rettilineo alternato del pistone in quello puramente rotatorio dell'albero è sottolineata dal suo movimento, combinazione dei due, molto complesso da descrivere analiticamente. In ogni caso, una parte della sua massa è considerata in moto alterno e la restante quota in moto rotatorio. Più precisamente hanno moto rettilineo il piede (e coincide con la realtà) e 2/3 della massa del fusto (approssimazione); la loro somma rappresenta 1/3 circa della massa totale della biella. Ai restanti 2/3 (testa + 1/3 fusto = 2/3 della massa totale) è affidato il moto rotatorio dell'albero. L'espressione della forza d'inerzia del 1° ordine è

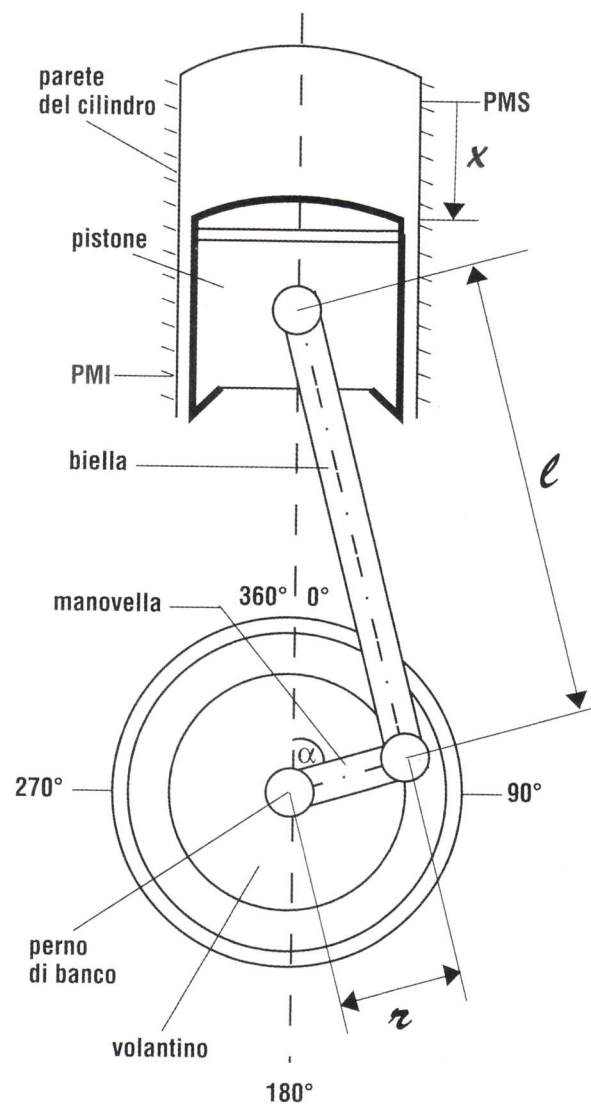
$$F'_1 = m\omega^2 r \cos\alpha$$

nella quale, con riferimento alla figura, m: massa in moto alterno (pistone e un terzo di biella),

r: lunghezza di manovella (metà della corsa)

ω : velocità angolare in radianti/secondo ($\omega = 2\pi n/60$ dove n è in giri/min)

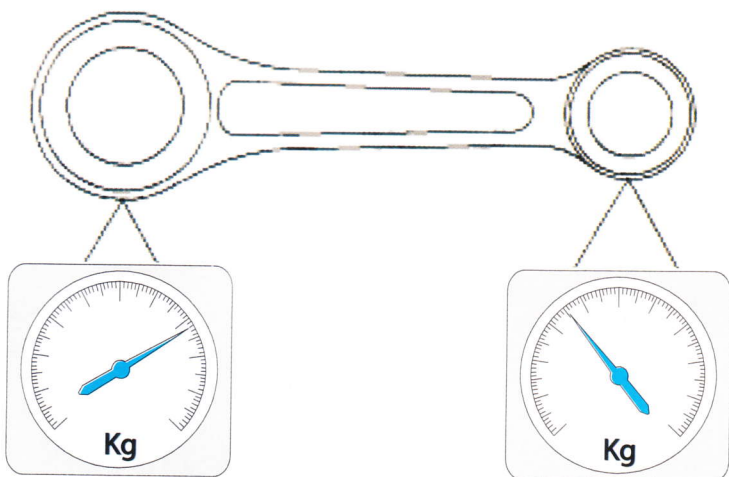
α : angolo generico che individua la posizione della manovella (e quindi del-

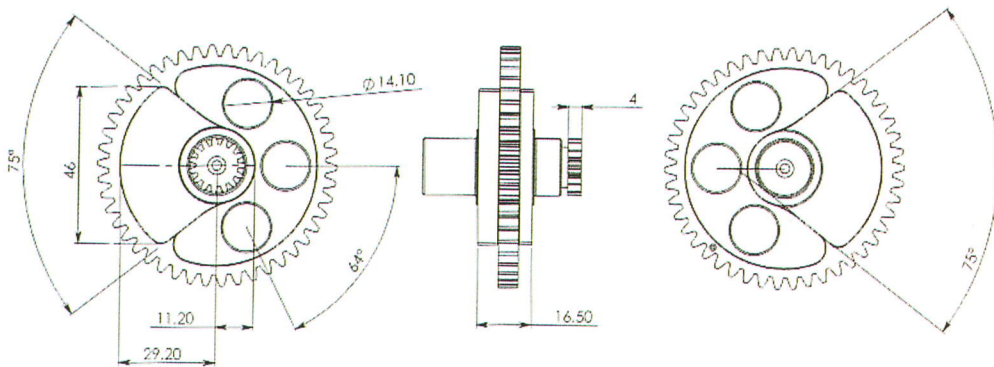


Disegno schematico del manovellismo di un monocilindrico (sopra).

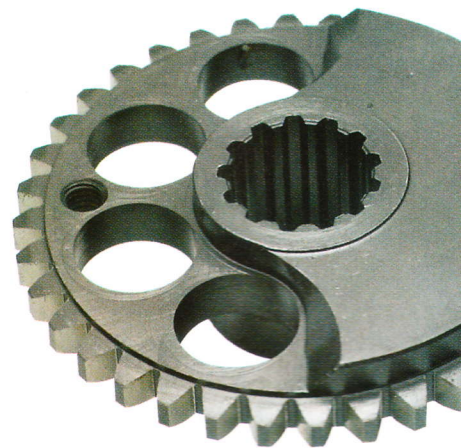


Sono considerate in moto alterno le masse del pistone completo di particolari e la massa del piede di biella individuata con un paio di semplici pesate, ma che in genere è 1/3 della massa complessiva della biella stessa





Nelle ponderose schede di omologazione dei nuovi KF, sono riportati i disegni CAD quotati degli eccentrici (sopra quello del Windfire) con i quali poter calcolare il momento equilibrante. Più a destra, l'ingranaggio a eccentrico dell'MRC XTR.



Regolamento tecnico

Il regolamento tecnico dice che l'albero di bilanciamento deve equilibrare il 25% minimo, ma di cosa? Delle masse in moto alterno, indipendentemente dalla scelta che ha fatto il costruttore per bilanciare il manovellismo come abbiamo descritto finora, vale a dire sbilanciando i volantini dell'albero, raggiungendo una percentuale di equilibratura, che in questo frangente chiameremo "intrinseca", a sua descrizione. Lì non interviene, non indaga, dice solo che si deve bilanciare il 25% delle masse in moto alterno con un albero controrotante.

Per individuare le masse in moto alterno usa proprio lo stesso criterio descritto all'inizio. In pratica i commissari procedono nel seguente modo.

Si pesano le masse sicuramente in moto rettilineo alternato: pistone, segmenti, perno e fermi.

Si pesa la biella poggiando le 2 estremità su due bilancine separate oppure un'estremità alla volta sulla stessa bilancia, avendo cura che il corpo della biella sia in orizzontale. Si annotano i pesi e quello relativo al piede viene aggiunto al pistone completo. Il contralbero deve bilanciare il 25% di questa massa e il calcolo è semplice.

Si impone l'uguaglianza dei momenti

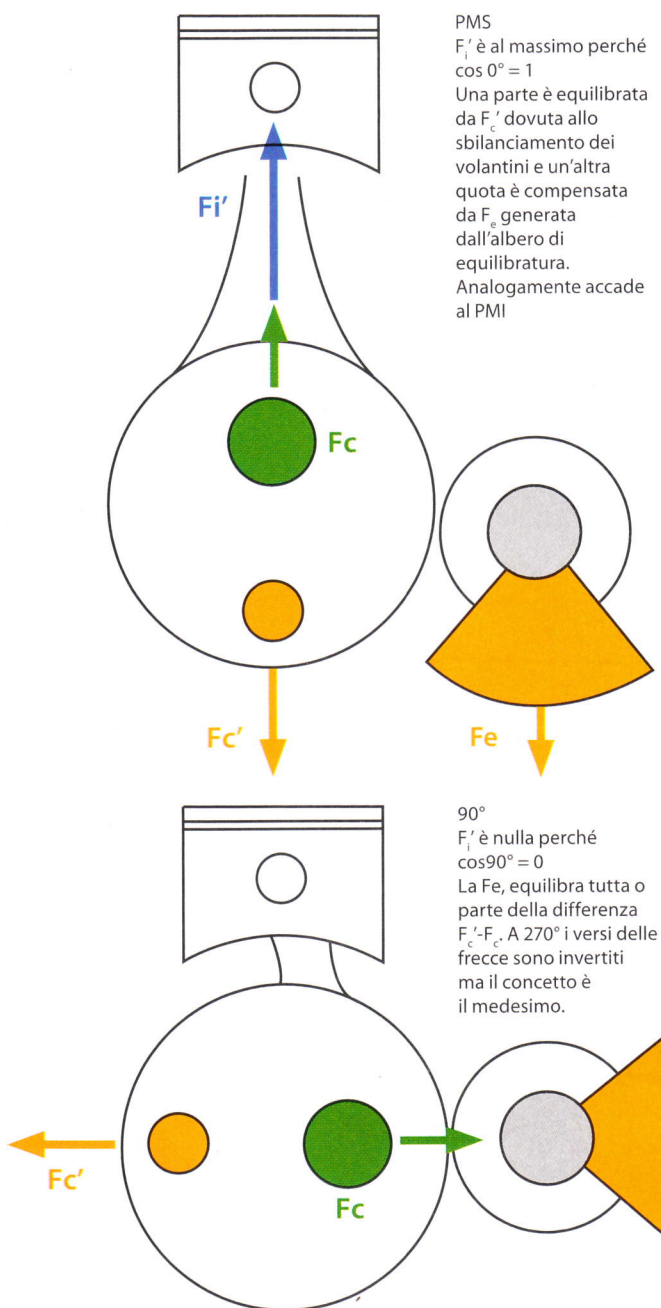
l'albero motore) ad un certo istante (a PMS vale 0° a PMI 180°)

cos α : funzione trigonometrica coseno dell'angolo α (a PMS e a PMI = 1 valore massimo)

Si nota subito che la forza d'inerzia del 1° ordine è direttamente proporzionale alla massa, al regime e alla corsa del pistone.

Equilibratura

Nei monocilindrici si potrebbe equilibrare il massimo della forza d'inerzia, quella che si manifesta ai punti morti, semplicemente inserendo delle masse nei volantini dell'albero motore in modo che la forza centrifuga da loro provocata sia proprio pari a $F'_{i\max}$, vale a dire $m\omega^2r$. In tutte le altre posizioni però questa forza sarebbe esuberante rispetto a F'_i la quale diventa nulla quando la manovella è a 90° e a 270° rispetto alla verticale (il cos di 90° e 270° è = 0). In queste posizioni si avrebbe un'indesiderata sollecitazione orizzontale (avanti e dietro). Si usa allora equilibrare una parte della $F'_{i\max}$, in genere 30-35% se il cilindro è verticale. In orizzontale "avanza" appunto una forza pari a solo 30-35% della $F'_{i\max}$.



di 2 forze; uno è dato dal prodotto del peso della massa in moto alterno per il suo braccio massimo, vale a dire la manovella r (metà della corsa) quando è a 90° rispetto alla verticale ($\alpha = 90^\circ$, $\cos \alpha = 1$); l'altro momento è il prodotto del peso eccentrico del contralbero per la sua distanza dal proprio asse di rotazione e il suo valore deve essere uguale al 25% del primo. Mentre nel primo caso si può facilmente risalire al peso come già spiegato, nel secondo ci si deve affidare, almeno fino a quando non sorgano dubbi, alla dichiarazione del costruttore circa il valore del peso eccentrico e la sua distanza dall'asse di rotazione. Sulla fiche deve essere comunque riportato il

$$m_a g r 25/100 = m_e g d$$

nella quale

ma: massa in moto alterno del manovellismo

r: lunghezza della manovella

me: massa eccentrica sul contralbero

d: distanza della massa eccentrica dal suo asse di rotazione

g: accelerazione di gravità semplificando:

$$m_a r 25/100 = m_e d$$

Per i commissari m_a e r sono facilmente verificabili come abbiamo detto, mentre per m_e e d ci si deve affidare all'inizio alla buona fede del costruttore.

In ogni caso, deve essere possibile smontare il contralbero facilmente e controllarne la presenza e il funzionamento dall'esterno.



disegno CAD dell'elemento dal quale poter risalire al momento equilibrante tramite quote precise e una densità del materiale (acciaio) fissata, sempre dal regolamento, in $7,8 \text{ g/cm}^3$. Può succedere però che certe fiche siano mancanti di alcune quote indispensabili per procedere all'eventuale calcolo da parte dei commissari.

L'equilibrio tra il 25% del momento della forza d'inerzia del 1° ordine e quello del peso eccentrico è:

Perché il contralbero

La motivazione politica l'abbiamo spiegata all'inizio. Ora cerchiamo di capirne le ragioni tecniche, visto che la sua funzione equilibratrice delle forze d'inerzia del 1° ordine poteva essere svolta dal semplice sbilanciamento dei volantini dell'albero. La sua ragion d'essere va ricercata proprio nel fatto di ruotare in verso opposto all'albero motore ed essere ben distinto da questo. Al PMS ad esempio si ha la F_i' diretta verso l'alto, come la forza centrifuga F_c della parte del manovellismo che ruota. Lo sbilanciamento dei volantini provoca una forza centrifuga F_c' diretta verso il basso che equilibra solo il 30-35% di F_i' . A fianco abbiamo però la massa eccentrica anch'essa diretta ver-



Per il loro albero di bilanciamento, Villa e Lenzo hanno scelto una soluzione analoga a quella della lame, con albero scavato lateralmente; differenti però le misure in lunghezza fra i rispettivi VKR (sopra) e LKE (al centro). La Comer (in basso) ha invece scelto le due mannaie separate, montate alle estremità dell'alberino.

so il basso che bilancia ancora un po' la F_i' ; il contrario al PMI. E non solo. In corrispondenza degli altri 2 punti critici, 90° e 270° (qui la F_i' è nulla), essendo controrotante, la sua forza centrifuga compensa (tutta o in parte) la F_c' che crea sollecitazioni orizzontali.

L'albero di equilibratura va quindi "messo in fase", nel senso che la sua massa eccentrica deve essere posizionata in basso quando il pistone è a PMS. Il resto viene da sé proprio perché è controrotante. Va aggiunto che la forza equilibrante dell'eccentrico si trova ad una certa distanza dall'albero motore, rispetto al quale crea un momento, per eliminare il quale si dovrebbero montare 2 alberini sussidiari (invece di uno) rotanti nello stesso verso tra loro ma in opposizione all'albero motore, ciascuno con la metà della massa eccentrica necessaria, i cui momenti si equilibrano a vicenda. Si tratta però di una soluzione ancor più complessa per la quale inoltre il gioco non vale la candela, in un motore tutto sommato semplice e destinato ad un mezzo "racing", non ad una berlina di classe. Ricordiamo che quanto detto finora a proposito dell'equilibratura di un mono è riferito alle sole forze d'inerzia del 1° ordine. Quelle del 2° sono di entità minore, circa 1/4, hanno frequenza doppia, ma di solito in questo genere di applicazioni vengono trascurate.

