



# Equilibrio dinamico

Provo a rispondere alle domande di alcuni appassionati sull'interpretazione da dare alle comunicazioni dei costruttori quando indicano che su una certa nuova moto è cambiato il fattore di bilanciamento dell'albero motore. Dico subito che è una informazione mal giudicabile in astratto che interessa la gestione delle vibrazioni del motore.

Per capire, cominciamo a vedere com'è fatto un motore monocilindrico.

L'imbiellaggio è composto da masse oscillanti e

masse rotanti. Chiaramente c'è necessità di equilibrare il sistema. È facile immaginare di bilanciare la massa rotante, però mi devo occupare anche delle masse in moto alterno che agiscono come un battente collegato dalla biella alla manovella dell'albero. Questo "martello" (il pistone col segmento, la gabbia e la parte della biella che consideriamo in moto lineare alterno)



Il fattore di bilanciamento dipende dal tipo di motore, dalla struttura del

carter, dal tipo di attacchi, dal loro numero e dal telaio stesso. Tutti questi elementi contribuiscono alla determinazione dell'entità del contrappeso previsto in fase di progetto per equilibrare sull'albero motore le masse alterne.

JAN WITTEVEEN

col suo continuo movimento andata/ritorno-andata/ritorno... crea, rispetto ai sostegni, uno squilibrio e delle vibrazioni.

Per neutralizzarle posso mettere un contrappeso. Immaginando di voler togliere quelle generate col pistone al punto morto superiore, devo collocarlo in zona diametralmente opposta all'asse di accoppiamento (in basso), e potrebbe valere ipoteticamente il 100% sull'asse verticale che possiamo immaginare come l'asse del cilindro stesso. Però se analizziamo la situazione del perno di manovella a 90 o 270° con pistone in discesa o in salita, questo stesso contrappeso crea una forza e uno squilibrio. Il nostro intervento ha effetto in una posizione ben definita rispetto al giro dell'albero motore, quindi l'entità del contrappeso dovrebbe variare secondo le posizioni. Serve un compromesso che è attorno a valori pari alla metà delle masse alterne.

Ora che abbiamo individuato i "soggetti" in discussione, possiamo dare la definizione del fattore di bilanciamento: è la percentuale che si ottiene dal rapporto tra l'entità della massa del contrappeso sull'albero motore e l'entità della massa oscillante (pistone, accessori e un terzo circa del peso biella, equivalente al peso della metà lunghezza lato "piede", due terzi del peso totale).

Esempio. Ho un motore di 125 cc. che ha masse alterne che pesano 220 grammi: per una bilanciatura al 50%, devo mettere 110 grammi di contrappeso sull'albero motore di fronte all'asse di accoppiamento, cioè 55 grammi per ciascuna delle due spalle.

Per mettere questi contrappesi ci sono varie possibili tecniche, volantini dell'albero a spessore differenziato con zona asse più sottile di quella opposta (tecnica costruttiva base), fori di alleggerimento accanto all'asse, forature delle spalle con inserimento di metalli pesanti (tungsteno, molly - tecnica per alberi già esistenti e per motori racing in quanto combina leggerezza e inerzia).

## Deriva che...

Quando un costruttore da un anno all'altro modifica il fattore di bilanciamento mentre gli altri elementi della struttura rimangono uguali, la modifica si riflette sulle

# ALBERO

## L'IMBIELLAGGIO.

L'albero motore è "sbilanciato" in modo utile a bilanciare le masse in moto alterno. La parte delle masse alterne bilanciata dal contrappeso, espressa in percentuale sulla sua totalità, è il fattore di bilanciamento.

vibrazioni. In senso inverso, è possibile che una modifica della struttura/alloggiamento del motore, renda necessario aggiornare il fattore di bilanciamento delle masse alterne.

Nella pratica si può osservare che quanto più la cilindrata è elevata, tanto maggiore sarà la vibrazione: un cinquantino vibra di meno rispetto a un 450, sicuramente avrà una frequenza più elevata perché ha un numero di giri superiore ma la forza è molto minore.

Con un 125 ad esempio ho masse alterne di circa 220 grammi, con un 450 circa il doppio.

Altra considerazione è che sul discorso dell'equilibratura e delle vibrazioni influisce molto il rapporto tra il peso della massa rotante e quello della massa alterna: più è elevato, meno vibrazioni ci sono.

L'esempio è quello di un monocilindrico quattro tempi di grossa cilindrata dove la massa oscillante è grande in confronto a quella rotante: più è pesante l'albero motore, più c'è inerzia e meno vibrazioni ci sono; più è leggera la massa oscillante (pistone basso monofascia etc), meno vibrazioni ci sono. Lo stesso motore ipotizzato con albero più pesante anziché più leggero produce relativamente meno vibrazioni.

Appare evidente che può tornare utile lavorare sul fattore di bilanciamento per trovare la situazione ottimale anziché modificare un lay-out di motore o cambiare dimensione di un carter o agire su qualche altra componente vitale del motore stesso al medesimo scopo. Tutto questo ci segnala che il fattore di bilanciamento non ha in assoluto un valore ideale. Il 50% è giusto a livello teorico quando il motore ha cilindro verticale e quando c'è una condizione ideale intorno. Quando lo metto ad esempio a 45° o quando lo metto orizzontale, devo diminuire il fattore di bilanciamento orientativamente dal 50% della configurazione a cilindro verticale fino al 20% del cilindro orizzontale. Nel definire questo valore, dovrò considerare fattori come la posizione e il numero degli attacchi motore, la struttura e gli spessori cioè la capacità del motore di trasmettere le vibrazioni, fino al tipo di ancoraggio sul telaio.

Nel fuoristrada si ragiona di ancoraggi abbastanza elastici, la configurazione con perno forcellone passante nella strada non esiste. Da noi si lavora per lo più con motori monocilindrici senza contralbero quindi il montaggio meno rigido è una necessità perché l'equazione è, meno vibra il motore, più il sistema di montaggio può essere rigido, per evitare ad

esempio crepe al telaio. Il problema per un progettista è in definitiva quello di smaltire le vibrazioni - che si creano comunque - facendo in modo che non diano fastidio al pilota il quale le avverte tipicamente alle pedane, al manubrio o alla sella. Un pilota ti dice che il motore vibra quando sente fastidio lì; diversamente per lui va bene: invece, concettualmente, potrebbe vibrare anche sull'albero motore, solo che con un certo tipo di smaltimento, il problema non viene rilevato. Su certe moto abbiamo visto montare il motore su supporti antivibrazioni... Dipende! Dipende da come sono fatti gli ancoraggi sul telaio, se c'è un braccetto, se è rigido o lavora di punta... Dipende da quanto sta intorno. Di solito se la struttura intorno è più elastica, è meglio salire con la percentuale di bilanciamento andando verso il 60%, questo perché di solito la vibrazione che dà fastidio al pilota è quella verticale (che dà più fastidio sul manubrio o sulle pedane) eliminabile andando verso percentuali alte.

Si può anche dire che se, per ipotesi, il bilanciamento al 60% va bene per una Kawasaki, non è detto che vada bene per una Honda o una Yamaha.

Nel tempo le nuove tecnologie sono venute in aiuto allo smaltimento delle vibrazioni, un pistone di oggi pesa circa il 20% meno rispetto a uno di vent'anni fa quando un motore senza contralbero aveva un fattore di bilanciamento molto importante e molto critico, e andare al 60 o 65% poteva fare una bella differenza in termini di vibrazioni. Ricordo che Sachs, fornitore di motori per molti assemblatori, dovette fare alberi diversi per i vari clienti che montavano la stessa unità su ciclistiche differenti. Quando iniziai a pensare a un nuovo motore, immagino un bilanciamento al 50% (motore a cilindro verticale) che mi mette abbastanza a posto a 360°, oppure spostando il cilindro in avanti faccio la media col 20% del cilindro orizzontale, quindi per 45° di inclinazione, assegno il 35%. Se c'è un albero controrotante, la cosa è diversa. In quel caso metto il 50% sull'albero motore stesso, come contrappeso, poi faccio il contralbero squilibrato, controrotante, con l'altro 50%: col 50 dell'albero motore e il 50 del contralbero, sull'asse verticale vado al 100% e sono equilibrato; sull'asse orizzontale, elimino

il 50% dall'albero motore e con l'altro 50% del contralbero sono equilibrato. La soluzione ideale sarebbe fare un motore, dove faccio il 50% sull'albero motore stesso come contrappeso e l'altro 50% compensato col contralbero, vado da 0 al 100% in modo tale da essere equilibrato.

Chiaramente il contralbero ha i suoi benefici ma è un consumatore di energia, ci sono un peso che devi portare in giro, è una massa rotante che può avere effetti positivi ma se non è in posizione ideale può innescare altri problemi perché si crea una coppia che può dare fastidio. Fuoristrada dove il motore è montato abbastanza elasticamente, senza magari vibrare un pochettino ma non dà fastidio perché tra sospensioni, gomme e terreno c'è una condizione un po' particolare. In compenso ci sono meno masse, meno attrito e complessivamente ci sta che possa essere meglio non averlo. Io ad esempio nel motore 125 da Gran Premio fatto per Maxtra in partenza non l'ho messo, poi vedremo...



Le collaborazioni speciali di

Motocross



JAN WITTEVEEN nella sua vita ha progettato motori e moto che, tra individuali e costruttori, hanno vinto quaranta titoli mondiali

SPECIAL GUEST