

Meccanica

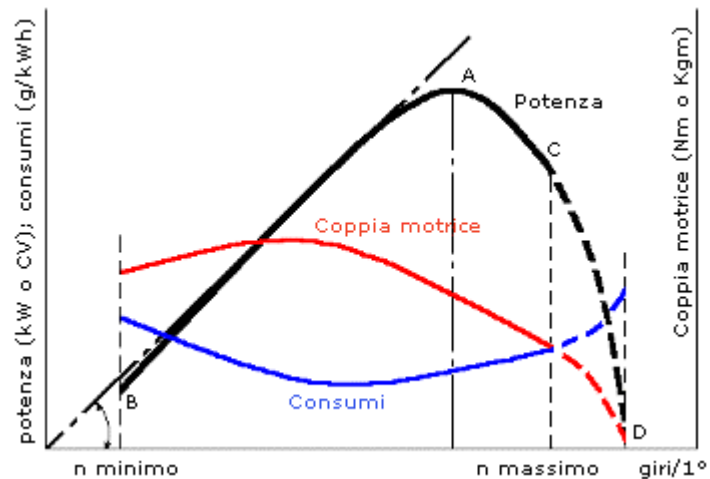
Curve caratteristiche dei motori ad accensione comandata

Le prestazioni di cui è capace un motore sono definite dalle curve caratteristiche, cioè dai diagrammi che rappresentano le variazioni di potenza, di coppia motrice e di consumo del combustibile al variare del numero di giri.

Queste curve vengono generalmente realizzate mediante i rilevamenti eseguibili al banco. Nella quasi totalità dei casi, le condizioni di funzionamento prevedono la massima alimentazione (cioè a carburatore tutto aperto oppure con la pompa di iniezione regolata a pieno carico) e un rapporto motore - banco abbastanza elevato (4 - 7,5).

Analizziamo separatamente le tre curve (rappresentate nella Fig. 1) al fine di poter trattare nella maniera più esauriente possibile il metodo che ne consenta una attenta lettura ed interpretazione.

Curva di coppia: con il termine "coppia" si intende il momento torcente che l'albero motore può trasmettere. Il grafico della curva di coppia (o momento motore M_T) si realizza sperimentalmente per punti, frenando un motore al banco per mezzo di freni idraulici o elettrici. La curva suddetta viene rappresentata su un piano cartesiano che riporta sull'asse delle ascisse la velocità



dell'albero di trasmissione w (rad/sec.) oppure il numero di giri che esso compie nell'unità di tempo (giri/min.) e sull'asse delle ordinate il momento motore M_T espresso in Nm o in Kgm.

Come si può vedere della Fig. 1, l'andamento della curva di coppia è, nel primo tratto, rapidamente crescente. Si raggiunge poi il punto di massimo assoluto della curva: tale punto, al quale corrisponde il valore di coppia massima, è associato alla velocità di rotazione in corrispondenza della quale la massa del fluido attivo che entra in ciascuno dei cilindri e viene utilizzata dal motore con il rendimento massimo possibile per ogni ciclo. Superato il punto di coppia massima, l'andamento della curva si presenta decrescente.

E' importante sottolineare che, poiché la coppia motrice effettiva è data dal prodotto della coppia motrice indicata per il rendimento meccanico del motore, rendimento che come noto non è costante ma varia al variare del numero di giri, il valore massimo della coppia effettiva viene pertanto raggiunto a quel regime di rotazione per il quale risulta massimo il prodotto del rendimento volumetrico h_v per il rendimento termico h_t per il rendimento meccanico h_m .

Per questo, in generale, il regime di rotazione associato alla coppia massima effettiva differisce da quello associato alla coppia massima indicata.

Curva di potenza: innanzi tutto è importante rilevare che la potenza effettiva di un motore risulta, per una certa cilindrata e un determinato numero di giri, proporzionale alla coppia motrice secondo l'equazione:

$$P_e = M_t * w * 10^{-3} \text{ (Kw)}$$

$P_e = (M_t * w) / 75 \text{ (CV)}$ E' quindi logico aspettarsi che l'andamento della curva di potenza sia strettamente legato a quello della curva di coppia. Infatti, osservando il grafico è facile notare come inizialmente la curva di potenza sia crescente e presenti una forte pendenza; questo aspetto è giustificato dal fatto che, nel tratto iniziale, anche la curva di coppia sale con rapidità. Superato il valore di coppia massima, la potenza indicata tuttavia continua ancora a crescere perché l'aumento del numero di giri è preponderante rispetto alla diminuzione del valore della coppia.

Continuando ad aumentare la velocità di rotazione del motore, si raggiunge un valore (punto A) oltre il quale la massa del fluido attivo di ogni ciclo si riduce più rapidamente di quanto aumenti il numero di cicli nell'unità di tempo (il valore del coefficiente di riempimento della camera di

combustione si riduce). Unito a questo fattore, il peso dei rendimenti globali della macchina, che sono inversamente proporzionali al numero di cicli (vedi curva di coppia) portano la curva di potenza a decrescere.

La tangente alla curva di potenza (Fig. 1), passante per l'origine degli assi, segna nel punto di tangenza il regime di massima coppia motrice. Infatti la relazione:

$M_t = \text{cost.} \cdot (P / n) = \text{cost.} \cdot \text{tg.}$ a dimostra che la coppia motrice è massima per il massimo valore di a .

La parte tratteggiata della curva della potenza non è mai rilevata nella pratica perché non ha alcun interesse: d'altronde durante la prova si correrebbe il rischio di pregiudicare la resistenza del motore, che normalmente non è proporzionato in modo da poter sopportare a lungo un regime così elevato (corrispondente al punto D sul grafico).

Al punto B, viceversa, corrisponde il minimo regime di utilizzazione. Durante la marcia al minimo, la potenza sviluppata dal fluido attivo è totalmente assorbita dalle resistenze meccaniche: al di sotto il funzionamento del motore diventa irregolare a causa dell'alimentazione imperfetta e della irregolarità della coppia motrice e può dar luogo a fenomeni di mal funzionamento, come la risonanza.

Curva dei consumi: osservando il grafico precedentemente riportato, si evince che la curva dei consumi (espressi in g/M_j) presenta dapprima un andamento decrescente, poi, raggiunto il punto di minimo assoluto, inizia a crescere.

Al contrario delle curve di potenza e coppia che sono intrinsecamente legate da una relazione matematica, l'andamento della curva dei consumi è influenzato da troppi parametri variabili per standardizzarne il comportamento. In generale possiamo dire che il minimo consumo di carburante si riscontra per regimi medi di rotazione del motore. Infatti, se si osserva l'andamento della curva dei consumi, è facile notare come essa non presenti, specialmente nella zona centrale, forti pendenze. Questo particolare, tradotto in termini pratici, significa che esiste una zona di circa 1000 - 1100 giri del motore dove il consumo è, a grandi linee, equivalente. Viceversa, nella zona iniziale del grafico, cioè quella corrispondente ai bassi regimi di rotazione, e quella finale associata ad elevate velocità, i consumi sono più cospicui.

Principio di funzionamento del sistema di aspirazione

Durante la prova a banco di un motore endotermico la valvola a farfalla del carburatore è completamente aperta: la portata d'aria aspirata dal motore è funzione del numero di cicli che il motore stesso compie. Vediamo di chiarire il perché.

Come noto, la portata è esprimibile come il prodotto fra velocità e sezione del condotto. Essendo la sezione del condotto di aspirazione costante (valvola a farfalla completamente aperta), la portata è funzione solo della velocità del fluido.

$Q = v S$ e $S = \text{cost} \Rightarrow Q = f(v)$ Adesso ricerchiamo il legame tra velocità del fluido (miscela aria - benzina) e numero di cicli compiuti dal motore.

Nella fase di aspirazione, che supponiamo avvenga in condizioni ideali, il pistone richiama dal collettore di aspirazione una quantità di miscela pari alla cilindrata. Quindi se un motore ruota a 2000 giri / 1', aspira nell'unità di tempo una quantità d'aria pari al prodotto del numero di giri compiuti per la cilindrata del motore stesso; se esso ruota a 4000 giri / 1' aspirerà, sempre nell'unità di tempo, una quantità d'aria doppia di quella del caso precedente. Questo esempio ci mostra come passando dalla prima alla seconda configurazione di utilizzo si è verificato che:

Il numero di giri compiuti dal motore nell'unità di tempo è aumentato.

La portata d'aria introdotta è anch'essa aumentata (proporzionalmente al numero di giri, poiché la cilindrata del motore è costante).

La velocità del fluido all'interno del collettore di aspirazione è aumentata proporzionalmente alla portata e quindi al numero di giri, essendo, come sopra specificato, la sezione di passaggio costante.

Abbiamo così dimostrato la proporzionalità tra numero di cicli e velocità del fluido ($n \sim v$).

Durante il funzionamento della macchina termica, il rapporto stechiometrico della miscela aria-benzina rimane costante al variare del numero di giri nell'unità di tempo (rapporto teorico 14,7 : 1). Questo aspetto ci è garantito dal criterio costruttivo del carburatore, che è basato sul principio del tubo di Venturi.

Ad un numero di giri costante si ha che: $Q_1 = Q_2 = Q_3$ (Equazione di continuità). Ciò implica che $v_1 S_1 = v_2 S_2 = v_3 S_3$. Nella prima parte del condotto, $S_1 > S_2$ quindi $v_1 < v_2$.

Per l'equazione di Bernoulli, trascurando le perdite di carico sia continue che localizzate, si ha che $P_1 > P_2$. Con analogo ragionamento, essendo $S_3 > S_2$, si ha che $v_3 < v_2$ e quindi $P_3 > P_2$. Nella sezione 2 si genera così una depressione che è la responsabile del risucchio della benzina dalla vaschetta sottostante la sezione 2 (particolare opportunamente collegato al serbatoio di carburante). La quantità di benzina aspirata, ad un prefissato numero di giri, è mantenuta costante da un ugello (comunemente detto getto o "gigler") il quale presenta sezione costante.

Variando ora il numero di giri, varia, per quanto detto precedentemente, anche il valore della portata Q , quindi la depressione nella sezione 2 risentirà in modo diretto della variazione del numero di giri: in particolare essa sarà tale da garantire un rapporto stechiometrico costante a qualsiasi regime di rotazione.

(Silvia Gaiani)