SVILUPPO DI UN MODELLO SOFTWARE PER SIMULAZIONE MOTORI 4T A PIU CILINDRI.

G.M SERPILLI-D.DUCA-M.BILANCIA-M.NALDINI Soft-Engine R&D Ancona

Riassunto
Si espone un sistema di calcolo basato sul metodo delle caratteristiche con le dovute modifiche per la considerazione delle giunzioni, le quali sono state trattate utilizzando le ipotesidi pressione costante nei rami e di conservazione dell'entropia attraverso le stesse. Si espone poi una attenta analisi del coefficiente di efflusso.
Tramite questo modello matematico vengono determinati in funzione del tempo gli stati fisici della materia , l'andamento delle pressioni nel cilindro e quindi la pressione media indicata.
Il modello viene poi validato tramite l'utilizzo del software di simulazione 4TBASE prodotto dalla Soft-Engine, comparando le prove calcolate relative a due motori presi in considerazione con i dati sperimentali

Il metodo delle caratteristiche
E' un metodo di calcolo di tipo monodimensionale atto allo studio dei fenomeni di natura ondosa. Si prevedono le seguenti ipotesi:

1. moto unidimensionale (dimensioni trasversali trascurabili rispetto a quelle longitudinali)
2. fluido comprimibile
3. moto instazionario
4. condotti a geometria variabile qualsiasi
5. forza di attrito agente sul flusso
6. scambio di flussi di calore con le pareti
7. flusso non isoentropico

L'applicazione delle due ultime ipotesi rende il modello aderente alla realtà ma molto impegnativo dal punto di vista del calcolo. Verrà quindi illustrata una teoria nella quale si considerano tutti gli aspetti precedentemente menzionati, mentre in fase di implementazione del codice si rinuncerà alle due ultime ipotesi.
L'andamento delle onde di pressione viene tracciato mediante l'utilizzo del diagramma delle posizioni.
Si considera un gas perfetto allo stato di riferimento p_0, T_0. Supporremo delle trasformazioni nel condotto isoentropiche, rette dall'equazione:

$$p v^k = \cos t.$$

Introdurremo in seguito le dovute correzioni.
Si definiscono poi le pressioni e temperature di ristagno che dipendono dallo stato termodinamico e dinamico del flusso:

$$p_R = p\left[1+\frac{k-1}{2}\left(\frac{u}{c}\right)^2\right]^{k/(k-1)} \qquad T_R = T\left[1+\frac{k-1}{2}\left(\frac{u}{c}\right)^2\right]$$

Il numero di Mach è dato dal rapporto M=u/c.
Quando un'onda di ampiezza finita si propaga attraverso il gas contenuto in un tubo (per ora di sezione costante) inizialmente in quiete allo stato di riferimento p_0-T_0, questo si muove con velocità:

$$u = \pm\frac{2c_0}{k-1}\left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{(k-1)/2k}-1\right] \qquad (1)$$

con ± per indicare onde propagantesi in direzione positiva o negativa e c_0 pari alla velocità del suono non disturbato. Differenti punti di un'onda hanno quindi velocità differenti, dipendentemente dal valore del fattore p/p_0.
La velocità di propagazione di un'onda è data dalla relazione:

$$w = u \pm c$$

dove c è la velocità del suono nel gas corrispondente al suo stato locale e u è la velocità del gas. Per c e c_0 possiamo scrivere che:

$$c_0 = \sqrt{kRT_0} \;\; ; c = \sqrt{kRT} \;\Rightarrow\; c = c_0\left(\frac{p}{p_0}\right)^{(k-1)/2k} \qquad (2)$$

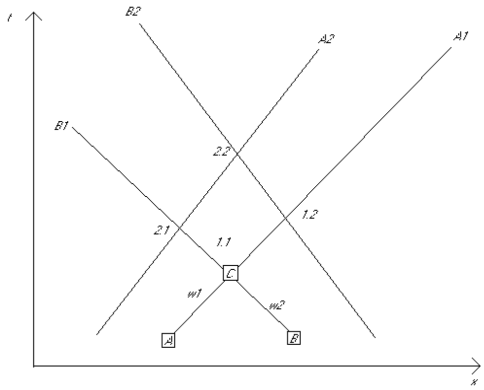

Fig. 1 *curve caratteristiche*

Si consideri il diagramma di fig. 2. Consideriamo la traiettoria A2 di un punto d'onda isolata che si muove con velocità w_{A2} in gas originariamente in quiete. Risulta che:

$$w_{A2} = u_{A2} + c_0 \qquad \text{e} \qquad u_{A2} = \frac{2c_0}{k-1}\left[\left(\frac{p_{A2}}{p_0}\right)^{(k-1)/2k}-1\right]$$

Se dalla direzione opposta si fa partire un'altra onda isolata in direzione negativa e sia B2 la sua traiettoria, le due particelle si incontrano nel punto 1.1. Per i valori delle velocità del gas generati dalle due onde, essi possono essere sommati direttamente; risulta per il punto 1.1 che la velocità vale:

$$u = -\frac{2c_0}{k-1}\left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{(k-1)/2k}-1\right]+u_{A2} \Rightarrow u+\frac{2c}{k-1} = u_{A2}+\frac{2c_0}{k-1}$$

quindi:

$$u \pm \frac{2c}{k-1} = \cos t. \qquad (3)$$

con segno+ per tutte le linee P per cui w_+=u+c e con segno – sulle linee N per cui w_-=u-c. Supponendo u<c avremo due famiglie di curve, quelle con w_+ inclinate