# Capitolo 10

I regolatori non possono percepire piccolissime alterazioni della velocità angolare e quindi l'albero motore può compiere più giri con $\omega$ non rigorosamente costante. Questo avviene quando $M_m$ varia periodicamente nell'arco di un giro (spesso due). Se il momento resistente è costante, si ha $M_m \neq M_r$ per intervalli brevissimi di tempo. La macchina compie quindi un numero di giri al minuto costante, ma la velocità angolare subisce piccole variazioni periodiche. Questo avviene spesso nelle macchine alternative, per esempio i motori endotermici (a scoppio e diesel a due o quattro tempi) o esotermici (macchina a vapore). Per esempio i motori endotermici a quattro tempi compiono il loro ciclo in quattro giri dello stantuffo (due dell'albero a gomiti) e la corsa che produce una spinta è solo una su quattro (e con momento non costante), mentre le altre comportano una spesa di lavoro, tanto che la macchina si fermerebbe se un opportuno organo non accumulasse energia durante la fase di espansione e la rilasciasse nelle successive. Si può scrivere:

$$M_m - M_r = J \cdot \varepsilon$$

se il momento motore è maggiore di quello resistente, oppure

$$M_r - M_m = J \cdot \varepsilon'$$

in caso contrario.

Per rendere le accelerazioni angolari piccole è necessario quindi che $J$ sia elevato; si caletta pertanto sull'albero un organo opportuno, il **volano**, costituito da una pesante corona circolare collegata con quattro o più razze al mozzo. Un volano di massa eccessiva potrebbe far perdere elasticità al motore, che non potrebbe fornire le accelerazioni adeguate al momento opportuno; si preferisce quindi frazionare la cilindrata in più cilindri, per esempio quattro, che permettono di ottenere una spinta utile ogni mezzo giro dell'albero, riducendo l'irregolarità del moto e la necessità di un volano di notevole diametro.

Si definisce il **grado di irregolarità nel periodo** il rapporto:

$$\delta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega}$$

e quindi

$$\delta = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2 \cdot \omega^2}$$

Il **grado di regolarità**, invece, è dato dal rapporto:

$$\alpha = \frac{1}{\delta}$$

I loro valori sono riportati in tabelle in funzione del tipo di macchina.

La figura A mostra il diagramma del momento motore medio di un monocilindrico a due tempi. Il lavoro positivo è rappresentato dall'area posta sopra la linea dello 0, il lavoro negativo da quella posta sotto la linea dello 0. Il **lavoro utile** ($L_p$) in un giro si ottiene dalla differenza dei due. Definito il momento motore medio come quel valore del momento costante che produrrebbe lo stesso lavoro utile, l'eccesso di lavoro positivo rappresentato dall'area compresa tra il momento motore medio e il momento motore è detto **lavoro eccedente**, ($L$). Un volano ben dimensionato deve essere in grado di

Figura A

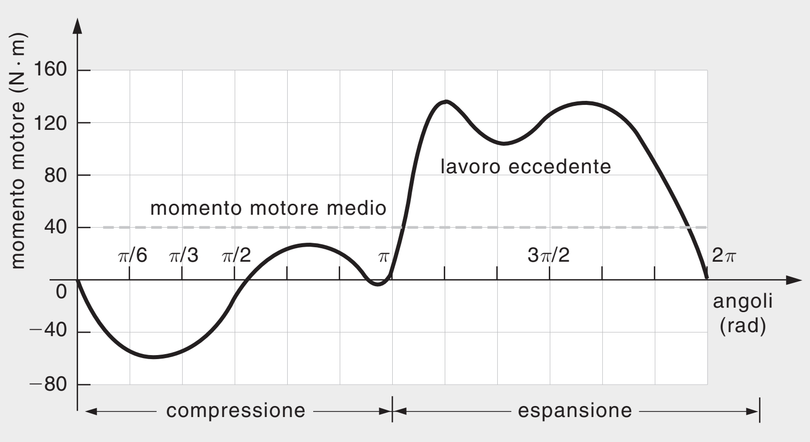
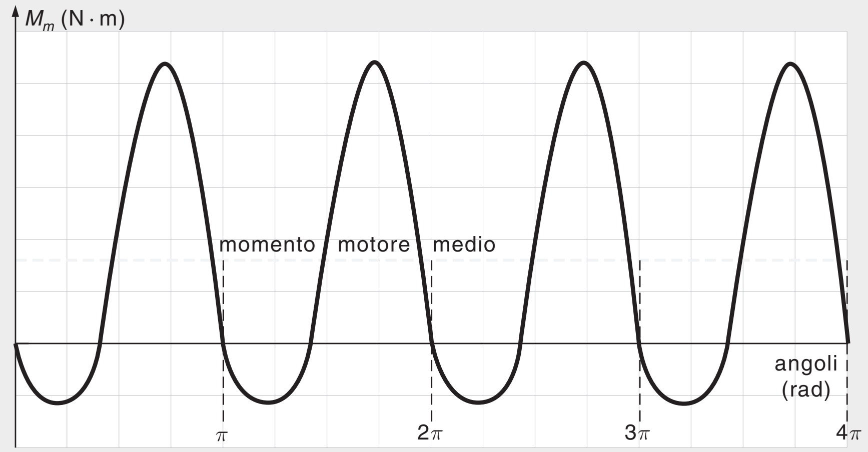


Figura B




accumulare una quantità di energia cinetica pari al lavoro eccedente.

Un motore a quattro tempi tetracilindrico avrà un diagramma del momento motore del tipo mostrato in figura B. Indicando con $\omega_1$ e $\omega_2$ rispettivamente la minima e la massima velocità angolare nell'arco di un periodo completo e con $J$ il momento d'inerzia del volano (molto maggiore del momento d'inerzia degli altri organi rotanti, che quindi si trascura), si ottiene semplificando:

$$J = \frac{L}{\omega^2 \cdot \delta}$$

Se il volano è un disco, indicando con $v$ la sua velocità periferica (solitamente 30 ÷ 35 m/s), si ottiene:

$$m = \frac{2 \cdot L}{v^2 \cdot \delta}$$

Se il volano è costituito da una corona circolare collegata al mozzo con delle razze, supponendo tutta la massa concentrata nella corona esterna, si ottiene:

$$m = \frac{L}{v^2 \cdot \delta}$$

Il **coefficiente di fluttuazione** è definito dal rapporto:

$$\varphi_0 = \frac{L}{L_p}$$

Se $L_u$ è il lavoro utile compiuto nell'unità di tempo, pari alla potenza $P$ della macchina, si ottiene:

$$J = 2\pi \cdot \varphi_0 \cdot \frac{P}{\delta \cdot \omega^3}$$

Noti $P$, $n$ e $\delta$ si ricava $\varphi_0$ dalle tabelle. Si può quindi calcolare $L$; successivamente si fissa $r_m$ o $v$ della corona del volano e quindi si ottiene $m$. Nota $m$, si ottiene l'area $A$ della sezione della corona del volano ($\rho$ è noto dal materiale) e quindi $b$ e $s$, ponendo $b$ = = (1,5 ÷ 2,2) · $s$. Per il mozzo, noto il diametro $d$ dell'albero, si pone:

$$s_m = 0{,}4 \cdot d \qquad l = (1{,}5 \div 1{,}8) \cdot d$$

Eseguendo la **verifica alla sollecitazione centrifuga** del volano, si ottiene:

$$\sigma = \rho \cdot v^2$$

(che è costante nella sezione; anche se non è realistico, i risultati che si ottengono sono in accordo con situazioni reali). Si può quindi scegliere $v$ in modo che si abbia

$$v \leq \sqrt{\frac{\sigma_{am}}{\rho}}$$

Queste formule potevano essere ottenute anche utilizzando il calcolo differenziale. Per un volano in ghisa si ha $v \approx 40$ m/s.

Se le razze sono poche e il diametro della corona del volano è elevato, si possono avere sollecitazioni a flessione. Si cerca quindi di variare il diametro o aumentare il numero di razze. Le razze vengono dimensionate considerando tutta la forza centrifuga agente su una di esse; si ottiene quindi l'area della sezione delle razze dall'equazione di stabilità a trazione.