Esame 2002

Per regolare il regime di rotazione di un gruppo elettrogeno, viene calettato sull'albero di trasmissione del motore un volano in ghisa.
Si hanno i seguenti dati: coppie polari dell'alternatore $p = 2$; *frequenza della corrente elettrica di rete* $f = 50$ Hz; *potenza all'asse del motore (Diesel* 4 *cilindri,* 4 *tempi)* $P = 30$ kW.
Il candidato, dopo aver assunto con motivato criterio i dati ritenuti necessari, effettui: il dimensionamento di massima del volano; la verifica della corona alla forza centrifuga; lo schizzo quotato dell'organo meccanico.
Il candidato, inoltre, illustri sinteticamente le caratteristiche costruttive e di funzionamento dell'organo meccanico.

Soluzione

a - Dimensionamento di massima del volano

Se l'alternatore dovesse fornire corrente con frequenza costante (f = 50 Hz), il motore Diesel dovrebbe garantire al suo rotore una velocità di rotazione (n) precisa e costante, cioè teoricamente si dovrebbe sempre avere:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} = \text{ costante}$$

essendo (n) il numero di giri al minuto e (p) il numero dei poli.

Nel caso in esame, con:

$f = 50$ Hz

$p = 4$ (2 coppie polari)

dovrebbe sempre risultare:

$$n = \frac{120 \cdot 50}{4} = \text{ 1 500 giri/min}$$

e quindi:

$$\omega = \pi \cdot \frac{n}{30} = \pi \cdot \frac{1\,500}{30} = 157 \text{ rad/s} = \text{costante}$$

In realtà il motore Diesel è una macchina a regime periodico e la sua velocità angolare (ω) oscilla periodicamente tra un massimo e un minimo. Per evitare che ciò provochi inconvenienti alla macchina utilizzatrice occorre fissare opportunamente i valori massimo (ω_{max}) e minimo (ω_{min}), cioè definire qual è il grado di irregolarità:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega}$$

che gli è consentito e dotare l'albero di un volano avente un momento di inerzia (J) atto a regolarizzare il suo regime di rotazione.
Nel caso in esame il volano deve impedire che la frequenza della corrente prodotta dall'alternatore aumenti o diminuisca oltre certi limiti. Con un valore:

$$\delta = 0{,}002 \div 0{,}005$$

la frequenza ha un'oscillazione molto contenuta ($< \pm$ 1 Hz) e può ritenersi praticamente costante, come richiesto dal tema.

Per dimensionare il volano si può procedere usando la formula:

$$J = \frac{\Delta E_{max}}{\delta\, \omega^2}$$

oppure l'altra:

$$J = 2\,\pi\,\varphi \cdot \frac{P_i}{\delta\,\omega^3}$$

Per utilizzare la prima occorre conoscere lo *scarto massimo di energia cinetica* (ΔE_{max}), che alcuni autori chiamano anche *lavoro eccedente* (L_e), che si ricava dal *diagramma delle energie cinetiche*. Non conoscendo le caratteristiche termodinamiche del motore, questo diagramma non si può tracciare. Si deve perciò usare la seconda formula, che si basa sullo studio statistico dei diagrammi del momento motore, introducendo un *coefficiente di fluttuazione* φ che si ricava dai manuali.
La potenza P_i che compare nella formula è la potenza indicata, cioè la potenza derivante dal lavoro del gas sullo stantuffo, legata alla potenza effettiva P raccolta sull'albero motore dal rendimento organico:

$$\eta_o = \frac{P}{P_i}$$

Dal *Manuale di Meccanica*, per motori Diesel veloci (n = 1 300 ÷ 1 600 giri/min), 4 tempi, 4 cilindri, si ricava:

$$\eta_o = 0{,}80$$

per cui si ha:

$$P_i = \frac{P}{\eta_o} = \frac{30}{0{,}80} = 37{,}5 \text{ kW} = 37\,500 \text{ W}$$

Per il coefficiente di fluttuazione e il grado di irregolarità si adottano i valori:

$$\varphi = 0{,}25$$

$$\delta = 0{,}003$$

Con i valori numerici, il momento di inerzia necessario è:

$$J = 2 \cdot \pi \cdot 0{,}25 \cdot \frac{37\,500}{0{,}003 \cdot 157^3} = 5 \text{ kgm}^2$$

Poiché non è noto il momento di inerzia J_R delle masse rotanti con l'albero (che svolgono già una funzione volanica), il momento J si assegna totalmente al volano ($J_v = J$).
Si stabilisce di realizzare un volano a corona sottile di sezione rettangolare, collegata al mozzo mediante un disco sottile. Poiché dovrà essere in ghisa, si fissa il diametro medio in modo che la velocità periferica non superi i 40 m/s. Fissato:

$$D_m = 0{,}50 \text{ m}$$

avremo:

$$v_c = \omega \cdot \frac{D_m}{2} = 157 \cdot \frac{0{,}50}{2} = 39{,}2 \text{ m/s} < 40 \text{ m/s}$$

In mancanza di dati più precisi si ipotizza che il contributo al momento di inerzia J_v dato dal disco che collega la corona al mozzo sia un decimo del totale per cui:

$$J_c = 0{,}9 \cdot J_v = 0{,}9 \cdot 5 = 4{,}5 \text{ kgm}^2$$

La massa della corona si ricava dalla relazione:

$$J_c = m_c \frac{D_m^2}{4}$$

$$m_c = \frac{4 \cdot J_c}{D_m^2} = \frac{4 \cdot 4{,}5}{0{,}50^2} = 72 \text{ kg}$$

L'area della sezione della corona è data da:

$$A_c = \frac{m_c}{\rho \cdot \pi \cdot D_m}$$

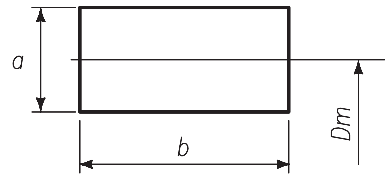
in cui ρ = 7 250 kg/dm^3 = massa volumica della ghisa; si ha pertanto:

$$A_c = \frac{72}{7\,250 \cdot \pi \cdot 0{,}50} = 6{,}32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 6\,320 \text{ mm}^2$$

Si stabilisce che la larghezza b della sezione sia il doppio della sua altezza a in senso radiale:

$$b = 2 \cdot a$$

$$A_c = a \cdot b = 2 \cdot a^2$$



e quindi:

$$a = \sqrt{\frac{A_c}{2}} = \sqrt{\frac{6\,320}{2}} \approx 56 \text{ mm}$$

$$b = 2 \cdot 56 = 112 \text{ mm}$$

b - Verifica della corona alla forza centrifuga

La tensione indotta nella corona dalla rotazione si ricava dalla relazione:

$$\sigma = \rho\, v_c^2 = 7\,250 \cdot 39{,}2^2 \approx 1 \cdot 110\,000 \text{ Pa} =$$

$$= 11 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm} = 12 \text{ N/mm}^2$$

c - Schizzo quotato