

ESERCIZI SVOLTI

Argomenti:

A1 Regolatore di Porter: dimensionamento di m_P , m_Q e Δs

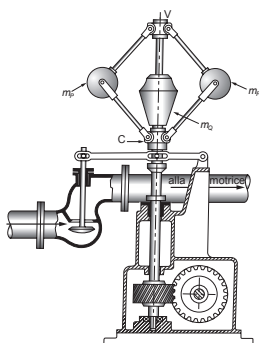
A2 Regolatore di Porter: determinazione di γ e δ

B1 Regolatore di Hartung: dimensionamento di m e delle molle

B2 Determinazione dei parametri caratteristici del regolatore di Hartung

N.B.: per le formule richiamate nei seguenti esercizi fare riferimento all'Approfondimento 10.2 nella parte digitale del testo, salvo diversa indicazione.

A1 Esercizio 1



Un regolatore tachimetrico di Porter presenta le seguenti caratteristiche:

grado di insensibilità: $\gamma = 0,02$;

grado di irregolarità del regime della macchina: $\delta = 0,04$;

lunghezza dei bracci: $l = 250$ mm;

regime di rotazione usuale: $n = 500$ giri/min;

inclinazione dei bracci rispetto alla verticale, nelle normali condizioni di funzionamento: $\alpha_0 = 30^\circ$;

resistenza allo spostamento del collarino: $F_{res} = 4$ N.

Si richiede di determinare la massa di ciascuna sfera, la massa addizionale e la corsa del collarino.

SOLUZIONE

Dalla relazione (17) si ricava:

$$(P+Q) = \frac{F_{res}}{\gamma} = \frac{4 \text{ N}}{0,02} = 200 \text{ N}$$

D'altra parte, in base alla (18) è anche:

$$h_0 = l \cdot \cos \alpha_0 = 250 \text{ mm} \cdot \cos 30^\circ \approx 216,5 \text{ mm}$$

Si può a questo punto applicare l'espressione (16), dalla quale si ottiene:

$$P = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot h_0 \cdot n^2} \cdot (P+Q) = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 0,217 \text{ m} \cdot (500 \text{ giri/min})^2} \cdot 200 \text{ N} \approx 3,3 \text{ N}$$

in quanto si è posto:

$$h_0 \approx 0,217 \text{ m}$$

Ciascuna sferetta ha perciò una massa m_P pari a:

$$m_P = \frac{P}{g} = \frac{3,3 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} \approx 0,34 \text{ kg}$$

Il peso addizionale Q vale:

$$Q = 200 \text{ N} - 3,3 \text{ N} \approx 196,7 \text{ N}$$

La relativa massa è:

$$m_Q = \frac{Q}{g} = \frac{196,7 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} \approx 20,05 \text{ kg}$$

Dalle espressioni (19) e (20) si ricava:

$$n_{\min} = n \cdot \left(1 - \frac{\delta}{2}\right) = 500 \text{ giri/min} \cdot \left(1 - \frac{0,04}{2}\right) = 490 \text{ giri/min}$$

$$n_{\max} = n \cdot \left(1 + \frac{\delta}{2}\right) = 500 \text{ giri/min} \cdot \left(1 + \frac{0,04}{2}\right) = 510 \text{ giri/min}$$

I valori di h_{\max} e h_{\min} sono calcolati mediante le relazioni (21) e (22), dalle quali si ottiene:

$$h_{\max} = \frac{900 \cdot g}{n_{\min}^2 \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{P+Q}{P}\right) = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{(490 \text{ giri/min})^2 \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{200 \text{ N}}{3,3 \text{ N}}\right) \approx 0,226 \text{ m} \approx 226 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = \frac{900 \cdot g}{n_{\max}^2 \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{P+Q}{P}\right) = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{(510 \text{ giri/min})^2 \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{200 \text{ N}}{3,3 \text{ N}}\right) \approx 0,208 \text{ m} \approx 208 \text{ mm}$$

Risulta:

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_{\min} = 226 \text{ mm} - 208 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

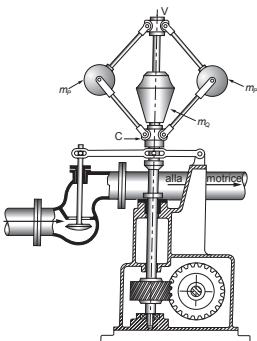
In base alla formula:

$$\Delta s = 2 \cdot \Delta h$$

la corsa Δs del collare è quindi:

$$\Delta s = 2 \cdot \Delta h_{\max} = 2 \cdot 18 \text{ mm} = 36 \text{ mm}$$

A2 Esercizio 2



SOLUZIONE

Un regolatore tachimetrico di Porter presenta le seguenti caratteristiche:

corsa massima del collare: $\Delta s = 50 \text{ mm}$;

regime di rotazione normale: $n = 380 \text{ giri/min}$;

peso di ciascuna sfera: $P = 32 \text{ N}$;

peso aggiuntivo: $Q = 300 \text{ N}$;

resistenza opposta dagli organi mobili: $F_{\text{res}} = 8 \text{ N}$.

Determinare il grado di insensibilità γ del regolatore, le frequenze di rotazione n_1 e n_2 che determinano l'intervento del sistema di regolazione e il grado di irregolarità δ del regime della macchina.

Il grado di insensibilità è ricavabile dall'espressione:

$$\gamma = \frac{F_{\text{res}}}{P+Q}$$

e vale:

$$\gamma = \frac{8 \text{ N}}{(32+300) \text{ N}} \approx 0,024$$

Il valore di h_0 cui corrisponde la frequenza di rotazione normale n a regime può essere ricavato dalla (16):

$$P = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot h_0 \cdot n^2} \cdot (P+Q)$$

Si ottiene:

$$h_0 = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot n^2} \cdot \left(\frac{P+Q}{P}\right)$$

In base ai valori numerici si ha:

$$h_0 = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 (380 \text{ giri/min})^2} \cdot \frac{(32+300) \text{ N}}{32 \text{ N}} \approx 0,064 \text{ m}$$

Dall'espressione (10):

$$n_2^2 = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot h_2} \cdot \frac{P+Q+F_{\text{res}}}{P}$$

se si pone $h_0 \approx h_2$ si ricava:

$$n_2^2 = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 0,064 \text{ m}} \cdot \frac{(32+300+8) \text{ N}}{32 \text{ N}} \approx 148512 (\text{giri/min})^2$$

e quindi:

$$n_2 \approx 385,37 \text{ giri/min}$$

Analogamente, dall'espressione:

$$n_1^2 = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot h_1} \cdot \frac{P+Q-F_{\text{res}}}{P}$$

si ricava, se si pone $h_1 \approx h_0$:

$$n_1^2 = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 0,064 \text{ m}} \cdot \frac{(32+300-8) \text{ N}}{32 \text{ N}} \approx 141523 (\text{giri/min})^2$$

ovvero:

$$n_1 \approx 376,20 \text{ giri/min}$$

Per quanto riguarda il grado di irregolarità, esso è espresso dalla relazione (4) del testo a stampa:

$$\delta = \frac{n_{\text{max}} - n_{\text{min}}}{n}$$

Occorre pertanto calcolare n_{max} e n_{min} .

Come è noto, la corsa Δs del collare è pari al doppio della massima escursione Δh_{max} compiuta dalle sfere quando il regolatore funziona alle frequenze limite n_{min} e n_{max} di rotazione, ovvero $\Delta s = 2 \cdot \Delta h_{\text{max}}$.

Risulta perciò:

$$\Delta h_{\text{max}} = \frac{\Delta s}{2} = \frac{50 \text{ mm}}{2} = 25 \text{ mm}$$

D'altra parte lo spostamento complessivo delle sfere Δh_{max} può essere equamente suddiviso rispetto alla posizione h_0 relativa al regime di funzionamento normale, per cui si ha:

$$h_{\text{min}} = h_0 - \frac{\Delta h_{\text{max}}}{2} = 64 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 51,5 \text{ mm}$$

$$h_{\text{max}} = h_0 + \frac{\Delta h_{\text{max}}}{2} = 64 \text{ mm} + \frac{25 \text{ mm}}{2} = 76,5 \text{ mm}$$

A questo punto è possibile calcolare n_{max} e n_{min} .

Dall'espressione (13) si ricava:

$$n_{\text{min}}^2 = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot h_{\text{max}}} \cdot \left(\frac{P+Q}{P} \right) = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 0,0765 \text{ m}} \cdot \frac{(32+300) \text{ N}}{32 \text{ N}} \approx 121322 (\text{giri/min})^2$$

da cui:

$$n_{\min} \approx 348,31 \text{ giri/min}$$

Dall'espressione:

$$h_{\min} = \frac{900 \cdot g}{n_{\max}^2 \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{P+Q}{P} \right)$$

se si esplicita n_{\max}^2 , si ha:

$$n_{\max}^2 = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot h_{\min}} \cdot \left(\frac{P+Q}{P} \right) = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 0,0515 \text{ m}} \cdot \frac{(32+300) \text{ N}}{32 \text{ N}} \approx 180216 (\text{giri/min})^2$$

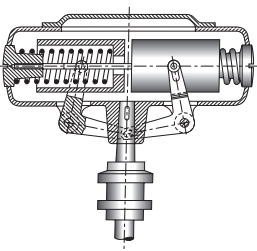
da cui:

$$n_{\max} \approx 424,52 \text{ giri/min}$$

Il grado di irregolarità del regime della macchina vale:

$$\delta = \frac{(424,52 - 348,31) \text{ giri/min}}{380 \text{ giri/min}} \approx 0,2$$

B1 Esercizio 3



Di un regolatore tachimetrico di Hartung si conoscono i seguenti elementi:

grado di insensibilità: $\gamma = 0,02$;

grado di staticità del regime della macchina: $\delta = 0,05$;

resistenza del collare allo spostamento: $F_{\text{res}} = 55 \text{ N}$;

corsa massima del collare: $\Delta s = 25 \text{ mm}$;

regime di funzionamento normale: $n = 500 \text{ giri/min}$;

distanza tra il baricentro di ciascuna massa centrifuga e l'asse di rotazione dell'alberino verticale: $r = 62 \text{ mm}$;

questa distanza coincide con la lunghezza b del braccio della leva a squadra.

Si richiede di determinare la massa m di ciascun contrappeso e di progettare le molle; esse devono avere il diametro di avvolgimento D non superiore a 70 mm .

Assumere un carico di sicurezza a torsione, a fatica, pari a 400 N/mm^2 .

SOLUZIONE

Dall'espressione (29) del grado di insensibilità di un regolatore tachimetrico di Hartung si ricava la spinta T esercitata da ciascuna molla nelle normali condizioni di funzionamento, ovvero:

$$T = \frac{F_{\text{res}}}{2 \cdot \gamma} = \frac{55 \text{ N}}{2 \cdot 0,02} = 1375 \text{ N}$$

Il peso P di ciascuna massa centrifuga si ricava mediante la relazione:

$$P = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot b} \cdot \frac{T}{n^2}$$

e vale:

$$P = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 0,062 \text{ m}} \cdot \frac{1375 \text{ N}}{(500 \text{ giri/min})^2} \approx 79,36 \text{ N}$$

in quanto è: $b = 62 \text{ mm} = 0,062 \text{ m}$.

La massa di ogni contrappeso è quindi:

$$m = \frac{P}{g} = \frac{79,36 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} \approx 8,09 \text{ kg}$$

Dimensionamento delle molle

Dalle espressioni (19) e (20) si ricava:

$$n_{\min} = n \cdot \left(1 - \frac{\delta}{2}\right) = 500 \text{ giri/min} \cdot \left(1 - \frac{0,05}{2}\right) = 487,5 \text{ giri/min}$$

$$n_{\max} = n \cdot \left(1 + \frac{\delta}{2}\right) = 500 \text{ giri/min} \cdot \left(1 + \frac{0,05}{2}\right) = 512,5 \text{ giri/min}$$

La forza centrifuga minima $F_{c \min}$ viene ricavata dalla relazione (33):

$$F_{c \min} = m \cdot \omega_{\min}^2 \cdot r_{\min}$$

nella quale si pone:

$$\omega_{\min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\min}}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 487,5 \text{ giri/min}}{60} \approx 51,05 \text{ rad/s}$$

$$r_{\min} = b - \frac{\Delta s}{2} = 62 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 49,5 \text{ mm}$$

Si ottiene:

$$F_{c \min} = 8,09 \text{ kg} \cdot (51,05 \text{ rad/s})^2 \cdot 0,0495 \text{ m} \approx 1043,63 \text{ N}$$

A sua volta la forza centrifuga massima $F_{c \max}$ viene ricavata dalla relazione (30):

$$F_{c \max} = m \cdot \omega_{\max}^2 \cdot r_{\max}$$

nella quale si pone:

$$\omega_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\max}}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 512,5 \text{ giri/min}}{60} \approx 53,67 \text{ rad/s}$$

$$r_{\max} = b + \frac{\Delta s}{2} = 62 \text{ mm} + \frac{25 \text{ mm}}{2} = 74,5 \text{ mm}$$

Si ottiene:

$$F_{c \max} = 8,09 \text{ kg} \cdot (53,67 \text{ rad/s})^2 \cdot 0,0745 \text{ m} \approx 1736,07 \text{ N}$$

Applichiamo ora la relazione di progetto a torsione delle molle elicoidali. Dall'espressione (26) della UDA 9:

$$d_{\min \text{ filo}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_{c \max} \cdot D}{\pi \cdot \tau_{\text{adm a fatica}}}}$$

dove si è posto $F = F_{c \max}$, si determina il diametro minimo del tondino:

$$d_{\min \text{ filo}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 1736,07 \text{ N} \cdot 70 \text{ mm}}{\pi \cdot 400 \text{ N/mm}^2}} \approx 9,18 \text{ mm}$$

che possiamo porre uguale a 10 mm.

Verifichiamo se è soddisfatta la condizione (23) dell'UDA 9:

$$\tau_{\text{int}} = \chi \cdot \frac{8 \cdot F_{c \max} \cdot D}{\pi \cdot d_{\text{filo}}^3} \leq \tau_{\text{adm a fatica}}$$

In base alla relazione (21) dell'UDA 9 il coefficiente χ vale:

$$\chi = \frac{4 \cdot \left(\frac{D}{d_{\text{filo}}}\right) - 1}{4 \cdot \left(\frac{D}{d_{\text{filo}}}\right) - 4} + \frac{0,615}{\left(\frac{D}{d_{\text{filo}}}\right)} = \frac{4 \cdot \frac{70}{10} - 1}{4 \cdot \frac{70}{10} - 4} + \frac{0,615}{\frac{70}{10}} \approx 1,21$$

Abbiamo:

$$\tau_{\text{int}} = 1,21 \cdot \frac{8 \cdot 1736,07 \text{ N} \cdot 70 \text{ mm}}{\pi \cdot (10 \text{ mm})^3} \approx 374,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \tau_{\text{adm a fatica}} = 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Pertanto la verifica di resistenza ha esito positivo.

Ogni molla ha un numero di spire utili z_{spire} dato dall'espressione (27) dell'UDA 9 così modificata:

$$z_{\text{spire}} = \frac{\Delta s \cdot G \cdot d_{\text{filo}}^4}{64 \cdot (F_{\text{c max}} - F_{\text{c min}}) \cdot R^3}$$

dove si è posto:

$$f = \Delta s$$

$$R = \frac{D}{2}$$

$$F = F_{\text{c max}} - F_{\text{c min}} \text{ anziché } F = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$$

Nell'Approfondimento 10.2 nella parte digitale del testo si è infatti osservato che

se $\left(P \cdot \frac{b''}{b'} \right)$ ovvero $P \cdot \frac{\Delta s}{2 \cdot b}$ sono considerati trascurabili rispetto sia a $F_{\text{c max}}$ sia a $F_{\text{c min}}$,

le espressioni (38) e (39) possono essere scritte, in prima approssimazione, rispettivamente:

$$T_{\text{max}} \approx F_{\text{c max}} \quad (38 \text{ bis}) \quad T_{\text{min}} \approx F_{\text{c min}} \quad (39 \text{ bis})$$

Si ricava:

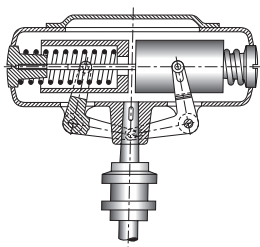
$$z_{\text{spire}} = \frac{25 \text{ mm} \cdot 81000 \text{ N/mm}^2 \cdot (10 \text{ mm})^4}{64 \cdot (1736,07 \text{ N} - 1043,63 \text{ N}) \cdot \left(\frac{70 \text{ mm}}{2} \right)^3} \approx 10,65$$

in quanto si è assunto come modulo di elasticità tangenziale:

$$G = 81000 \text{ N/mm}^2$$

Arrotondiamo a 11 il numero di spire utili. Le molle, pertanto, hanno ciascuna $(11 + 2) = 13$ spire, comprese anche le spire – rastremate – d'estremità. Il tondino ha diametro 10 mm; il diametro di avvolgimento è $D = 70 \text{ mm}$.

B2 Esercizio 4



Un regolatore tachimetrico di Hartung ha le seguenti caratteristiche:

frequenza di rotazione a regime: 200 giri/min;

grado di irregolarità: $\delta = 3/100$;

grado di insensibilità: $\gamma = 1/1000$;

forza resistente agente sul collare: $F_{\text{res}} = 4,9 \text{ N}$;

lunghezza dei bracci uguali delle leve a squadra: $b = 150 \text{ mm}$;

corsa massima del collare: $\Delta s = 100 \text{ mm}$.

Determinare:

– la forza T esercitata da ciascuna molla alla frequenza di rotazione di regime;

– il peso P di ciascuna massa centrifuga;

– i valori della forza centrifuga in corrispondenza delle posizioni estreme del collare $F_{\text{c max}}$, $F_{\text{c min}}$;

– la rigidezza K_r delle molle.

(Problema assegnato a un Esame di Stato per Periti Meccanici)

SOLUZIONE

La forza esercitata da ciascuna molla alla normale frequenza di rotazione vale, se nell'espressione $\gamma = \frac{F_{\text{res}}}{2 \cdot T}$ si isola T :

$$T = \frac{F_{\text{res}}}{2 \cdot \gamma} = \frac{4,9 \text{ N}}{2 \cdot 0,001} = 2450 \text{ N}$$

Il peso P di ciascuna massa centrifuga è ricavato in base alla relazione:

$$P = \frac{900 \cdot g}{\pi^2 \cdot b} \cdot \frac{T}{n^2}$$

Si ottiene:

$$P = \frac{900 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 0,150 \text{ m}} \cdot \frac{2450 \text{ N}}{(200 \text{ giri/min})^2} \approx 365,28 \text{ N}$$

Di conseguenza ciascuna massa m è pari a:

$$m = \frac{P}{g} = \frac{365,28 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} \approx 37,24 \text{ kg}$$

Dalle espressioni (19) e (20) dell'Approfondimento 10.2 della parte digitale del testo (si vedano anche i richiami delle formule a seguire), si ha:

$$n_{\min} = n \cdot \left(1 - \frac{\delta}{2}\right) = 200 \text{ giri/min} \cdot \left(1 - \frac{0,03}{2}\right) = 197 \text{ giri/min}$$

$$n_{\max} = n \cdot \left(1 + \frac{\delta}{2}\right) = 200 \text{ giri/min} \cdot \left(1 + \frac{0,03}{2}\right) = 203 \text{ giri/min}$$

La forza centrifuga minima $F_{c \min}$ si ricava dalla relazione (33):

$$F_{c \min} = m \cdot \omega_{\min}^2 \cdot r_{\min}$$

nella quale si pone:

$$\omega_{\min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\min}}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 197 \text{ giri/min}}{60} \approx 20,63 \text{ rad/s}$$

$$r_{\min} = b - \frac{\Delta s}{2} = 150 \text{ mm} - \frac{100 \text{ mm}}{2} = 100 \text{ mm}$$

Risulta:

$$F_{c \min} = 37,24 \text{ kg} \cdot (20,63 \text{ rad/s})^2 \cdot 0,100 \text{ m} \approx 1585 \text{ N}$$

Analogamente, la forza centrifuga massima $F_{c \max}$ è ricavata dalla relazione (30):

$$F_{c \max} = m \cdot \omega_{\max}^2 \cdot r_{\max}$$

nella quale si pone:

$$\omega_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\max}}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 203 \text{ giri/min}}{60} \approx 21,26 \text{ rad/s}$$

$$r_{\max} = b + \frac{\Delta s}{2} = 150 \text{ mm} + \frac{100 \text{ mm}}{2} = 200 \text{ mm}$$

Si ricava:

$$F_{c \max} = 37,24 \text{ kg} \cdot (21,26 \text{ rad/s})^2 \cdot 0,200 \text{ m} \approx 3366 \text{ N}$$

La rigidezza K_r delle molle è calcolata in base all'espressione (36):

$$K_r = \frac{F}{f} = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{\Delta s}$$

dove, in base alle espressioni (38) e (39), è:

$$T_{\max} = F_{c \max} + P \cdot \frac{\Delta s}{2 \cdot b} = 3366 \text{ N} + 365,28 \text{ N} \cdot \frac{100 \text{ mm}}{2 \cdot 150 \text{ mm}} = 3487,76 \text{ N}$$

$$T_{\min} = F_{c \min} - P \cdot \frac{\Delta s}{2 \cdot b} = 1585 \text{ N} - 365,28 \text{ N} \cdot \frac{100 \text{ mm}}{2 \cdot 150 \text{ mm}} = 1463,24 \text{ N}$$

Risulta allora:

$$K_r = \frac{(3487,76 - 1463,24) \text{ N}}{100 \text{ mm}} \approx 20,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Riconoscere se le seguenti affermazioni sono vere (V) o false (F).

1. I regolatori tachimetrici utilizzano per la regolazione l'azione della forza centrifuga. ☐ V ☐ F
2. La massa addizionale m_Q applicata al collare del regolatore tachimetrico di Porter ha lo scopo di contrastare l'effetto delle forze centrifughe. ☐ V ☐ F
3. Lo spostamento del collare di un regolatore di Porter è la metà dello spostamento verticale subito dalle sfere al variare del regime di rotazione della macchina. ☐ V ☐ F
4. L'azione antagonista alla forza centrifuga, che nel regolatore di Porter è svolta dai pesi addizionali, nel regolatore di Hartung è affidata alle molle. ☐ V ☐ F
5. Il tirante filettato alle estremità, presente nel regolatore Hartung, ha lo scopo di adattare il regolatore ai differenti regimi di utilizzazione. ☐ V ☐ F
6. Se si avvitano i due tappi filettati posti alle estremità del tirante di un regolatore di Hartung si modifica il grado di insensibilità del regolatore stesso. ☐ V ☐ F
7. Il grado di irregolarità del regime può essere modificato, per quanto riguarda un regolatore di Hartung, solo con la sostituzione delle molle. ☐ V ☐ F
8. Se si varia la massa delle due sfere di un regolatore tachimetrico di Watt si varia il funzionamento del regolatore stesso. ☐ V ☐ F

QUESITI

Individuare la risposta esatta ai seguenti quesiti a risposta multipla.

1. Il grado di insensibilità γ di un regolatore tachimetrico di Porter vale:

☐ a $F_{\text{res}}/(P + Q)$

☐ b $P/(Q + F_{\text{res}})$

☐ c $P/(P + Q)$

☐ d F_{res}/P

dove F_{res} è la resistenza allo spostamento del collare, P il peso di ciascuna sfera, Q il peso della massa aggiuntiva al collare.

2. Il grado di insensibilità γ di un regolatore tachimetrico di Hartung vale:

☐ a F_{res}/T

☐ b T/P

☐ c $F_{\text{res}}/(2 \cdot T)$

☐ d T/F_{res}

dove F_{res} è la resistenza allo spostamento del collare, P il peso di ciascuna massa centrifuga, T la spinta esercitata da ognuna delle due molle.