STUDIUL EXPERIMENTAL AL FORTEI INERTIALE CORIOLIS

Tema lucrarii

Se determina pe cale experimentala efectul fortei inertiale Coriolis prin masurarea deformatiei unei bare elastice aflata in miscare de rotatie.

Descrierea instalatiei

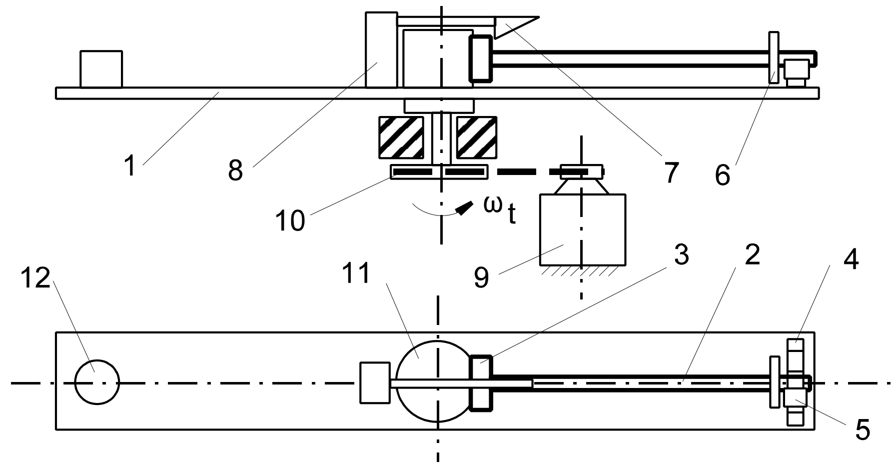

Fig. 1

Elementele componente sunt: 1- placa; 2-bara elastica; 3-greutate mobila; 4-rigla gradata 5-cursor; 6-opritor; 7-piedica; 8-electromagnet; 9-motor electric; 10-transmisie cu curea; 11-butuc; 12- contragreutate.

Motorul electric antreneaza, prin intermediul transmisiei, placa in miscare de rotatie cu viteza unghiulara $\omega_1 = \omega$ (const.). Bara elastica incastrata in butuc se roteste o data cu placa. Greutatea mobila se va deplasa de-a lungul barei, din pozitia initiala data de piedica actionata de electromagnet, pana in pozitia finala data de opritor.

Consideratii teoretice

Greutatea (asimilata cu un punct material) se misca fata de bara aflata si ea in miscare. Miscarea punctului material fata de un reper mobil (bara) se numeste *miscare relativa*, iar miscarea fata de un reper fix se numeste *miscare absoluta*. Daca am suprima miscarea relativa (am fixa greutatea pe bara), miscarea care ii ramane se numeste *miscare de transport*. Pentru cazul de fata miscarea relativa este rectilinie, traiectoria (Γr) fiind chiar axa barei. Miscarea de tranport este o miscare circulara uniforma (cu viteza unghiulara constanta), traiectoria fiind un cerc (Γt) .

In miscarea relativa a punctului material ecuatia vectoriala dinamica are forma:

$$m\overline{a}_r = \overline{R} + \overline{R}_l + \overline{F}_{jt} + \overline{F}_{jC} \quad (1)$$

unde $\overline{R}$ reprezinta rezultanta fortelor active, $\overline{R}_l$ -rezultanta fortelor de legatura, iar $\overline{F}_{jt}$ -forta inertiala de transport si $\overline{F}_{jC}$ -forta inertiala Coriolis. Cele doua forte inertiale sunt opuse acceleratiilor respective:

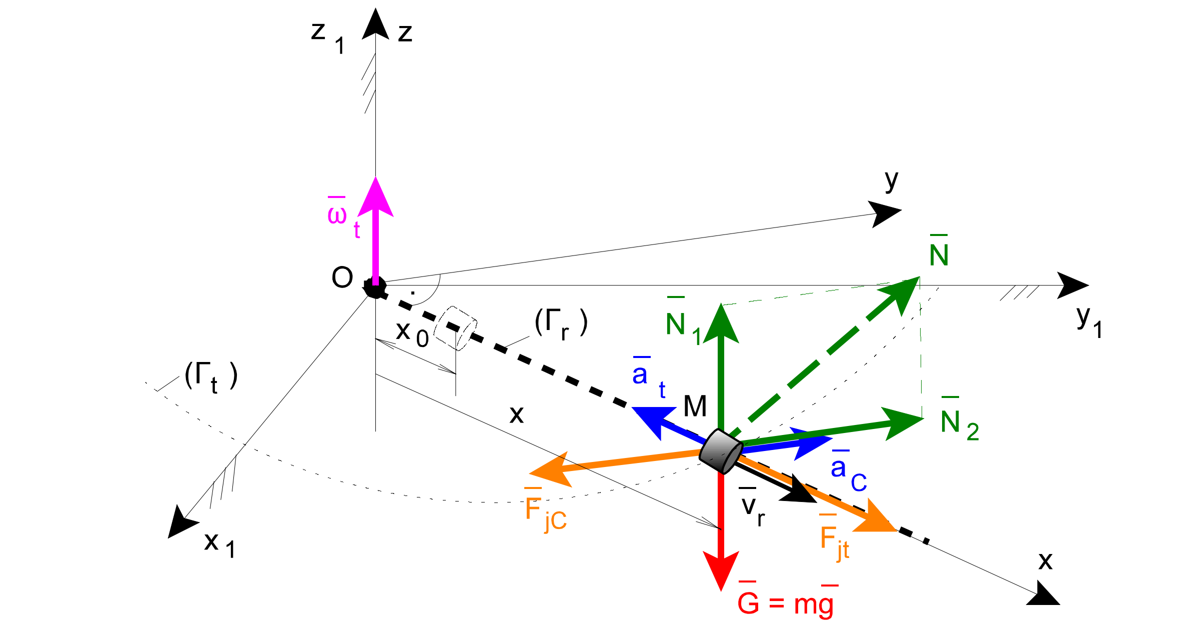

Fig. 2

$$\overline{F}_{jt} = -m\overline{a}_t \;; \quad \overline{F}_{jC} = -m\overline{a}_C \text{ (2)}$$

Alegem doua sisteme de referinta, unul fix $Ox_1y_1z_1$ si unul mobil Oxyz. Sistemul mobil are axa x de-a lungul barei, axa y normala la bara, iar axa z coincide cu axa z_1 (axa de rotatie) conform fig. 2.

Acceleratia de transport are numai componenta normala:

$$\overline{a}_t = -\omega_t^{\,2}\,\overline{OM} \;; \quad a_t = \omega_t^{\,2} OM = \omega^2 x \text{ (3)},$$

iar acceleratia Coriolis este data de:

$$\overline{a}_C = 2\overline{\omega}_t \times \overline{v}_r \;; \qquad a_C = 2\omega_t v_r = 2\omega\dot{x} \text{ (4)}.$$

Fortele de legatura sunt reprezentate de reactiunea normala

$$\overline{N} = \overline{N}_1 + \overline{N}_2 \text{ (5)}$$

de marime si directie necunoscute, dar care poate fi descompusa in doua componente avand directia si sensul bine precizate. In fortele active intra numai greutatea proprie. Cu aceste precizari ecuatia (1) devine:

$$m\overline{a}_r = \overline{G} + \overline{N}_1 + \overline{N}_2 + \overline{F}_{jt} + \overline{F}_{jC} \text{ (6)}$$

Proiectand-o pe axele sistemului mobil se obtine urmatorul sistem de ecuatii scalare:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F_{jt} \\ 0 = N_2 - F_{jC} \\ 0 = N_1 - G \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m\ddot{x} = m\omega^2 x \\ 0 = N_2 - 2m\omega\dot{x} \\ 0 = N_1 - mg \end{cases} \text{ (7)}$$

Prima ecuatie se poate scrie sub forma:

$$\ddot{x} - \omega^2 x = 0 \text{ (8)},$$

iar solutia ei tinand cont de conditiile initiale: $C.I. \quad t = 0 \quad x(0) = x_0 \quad \dot{x}(0) = v_0 = 0$ (9)

este chiar legea miscarii relative:

$$x(t) = x_0 ch\omega t \text{ (10) .}$$

Viteza relativa va fi: $\dot{x} = \omega x_0 sh\omega t = \omega x_0 \sqrt{ch^2 \omega t - 1} = \omega x_0 \sqrt{\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 - 1} = \omega \sqrt{x^2 - x_0^2}$ (11).

Din ecuatia a doua a sist. (7) se poate calcula acum componenta orizontala a reactiunii in functie de pozitia finala a greutatii (vezi fig.2):

$$N_2 = 2m\omega\dot{x} = 2m\omega^2 \sqrt{x_f^2 - x_0^2} \text{ (12)}$$

componenta care incovoaie bara in plan orizontal determinand o sageata de marime:

$$f^{teor} = \frac{N_2 l_1^2}{EI_z}\left(\frac{l_1}{3} + \frac{l_2}{2}\right) \text{ (13)}$$

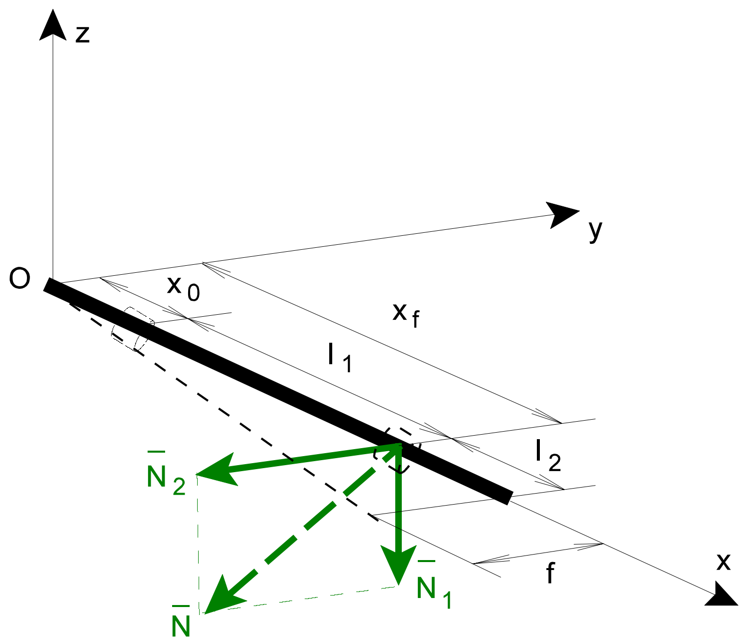

Fig. 3

unde E este modulul de elasticitate longitudinal (modulul lui Young), iar I_z momentul de inertie geometric al sectiunii barei in raport cu axa z : $I_z = \frac{\pi d^4}{64}$ (14).

Viteza unghiulara ω se exprima in functie de turatia n (in rot/min): $\omega = \frac{\pi n}{30}$ (15).

Tinand cont de (12), (14) si (15) relatia sagetii ia forma:

$$f^{teor} = \frac{16\pi m n^2 l_1^2 \sqrt{x_f^2 - x_0^2}\,(2l_1 + 3l_2)}{675 E d^4} \text{ (16)}$$

Mersul lucrarii

1. Se pozitioneaza greutatea in pozitia initiala oprita de piedica.
2. Se aduce cursorul de pe rigla astfel incat sa atinga bara si se observa pozitia sa pe rigla.
3. Se porneste motorul si se asteapta stabilizarea turatiei.
4. Se actioneaza electromagnetul pt. eliberarea greutatii.
5. Se opreste motorul si se asteapta oprirea instalatiei.
6. Se citeste pe rigla deplasarea cursorului care indica deformatia barei (sageata experimentala).

Se fac mai multe masuratori repetandu-se operatiile 1-6. Se calculeaza apoi o valoare medie a sagetii experimentale care se compara cu valoarea teoretica (16) determinandu-se eroarea relativa:

$$\varepsilon_r = \frac{\left| f^{\,teor} - f_{med} \right|}{f^{\,teor}} \cdot 100 = [\%] \quad (17)$$

Toate datele masurate si rezultatele se trec in tabelul urmator:

Tabel

Nr.crt.	f_{mas} [mm]	f_{med} [mm]	f^{teor} [mm]	ε_r [%]
1				
2				
3				
4				
5				

Observatie - pt. calculul sagetii teoretice se utilizeaza urmatoarele date:

$m = 0{,}27$ kg; $n = 350$ rot/min; $d = 0{,}011$m; $E = 2{,}1.10^{11}$ N/m^2 ; $l_1 = 0{,}315$ m; $l_2 = 0{,}04$ m; $x_f = 0{,}38$ m; $x_0 = 0{,}065$.