

Ćwiczenie 3: Reakcje dynamiczne stałej osi obrotów brył sztywnych

Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzenie połączeń układu elektrycznego

Gniazda układu tensometrów, oznaczone literami A i B powinny być podłączone za pomocą odpowiednich przewodów do gniazd wzmacniacza WT2K. W przypadku stwierdzenia braku połączenia należy podłączyć gniazdo A1 układu tensometrów z gniazdem A1 wzmacniacza i tak kolejno dalsze punkty obu układów A i B. Silnik podłączamy do zasilacza (typ zasilacza). Sprawdzamy połączenie wzmacniacza (kanały A i B) z przetwornikiem A/C oraz poprawność połączenia przetwornika z komputerem PC. ***Prowadzący ćwiczenia sprawdza prawidłowość połączeń.*** Po sprawdzeniu połączeń włączyć do sieci zasilacz, wzmacniacz oraz komputer.

2. Montaż czujnika przemieszczeń

Przystępujemy do zamocowania czujnika przemieszczeń na podstawce znajdującej się przy podporze B. Czujnik przemieszczeń jest połączony z przetwornikiem, aparaturą wskazującą wychylenie oraz komputerem. Następnie regulujemy ustawienie czujnika przemieszczeń przesuwając go wzdłuż jego uchwytu tak aby uzyskać na aparaturze „Cimetr” wychylenie wskaźnika w obu kierunkach „+” oraz „-” i docelowo ustawiamy w położeniu „0”.

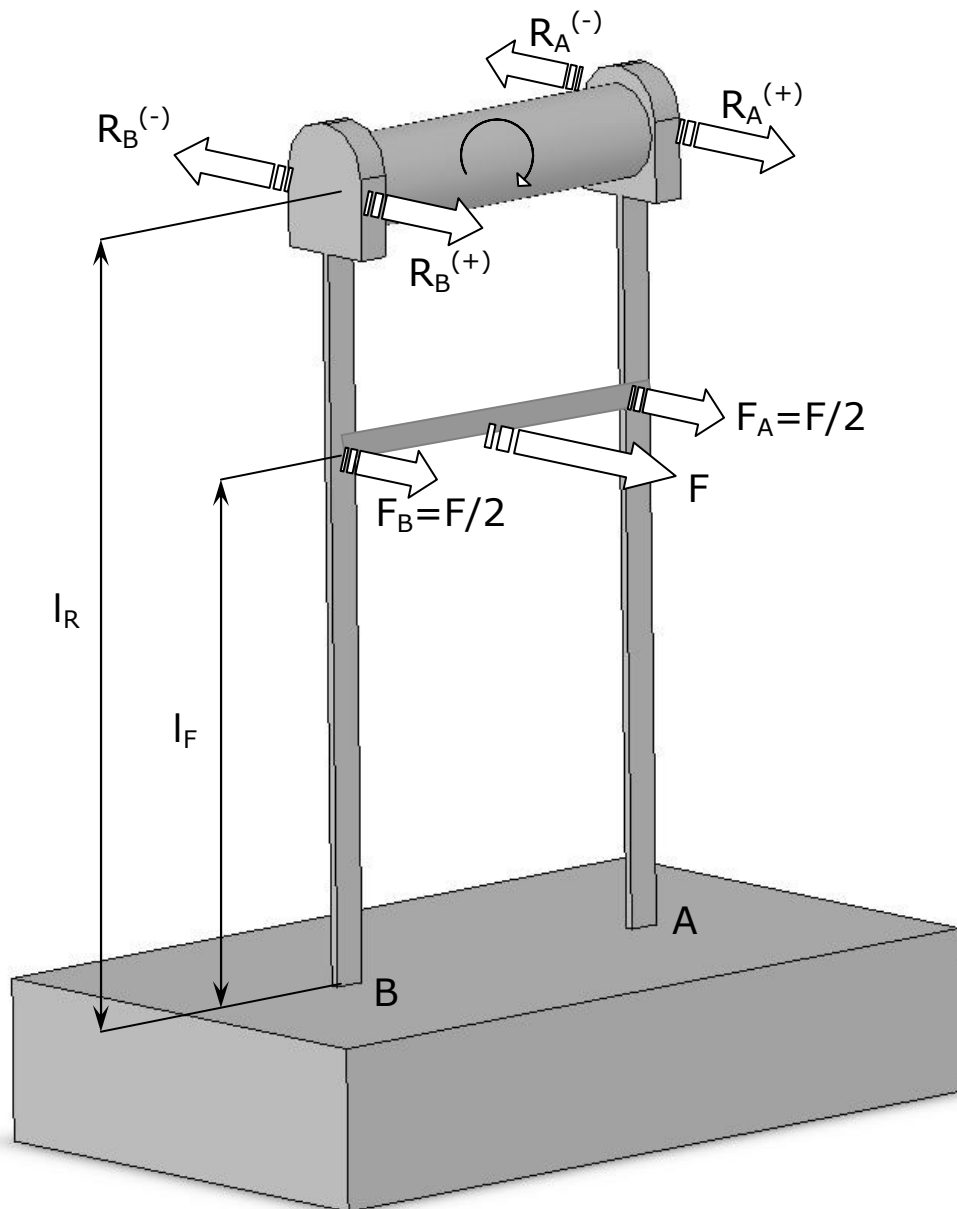
3. Sporządzanie charakterystyki układu - wyznaczenie sztywności podpór „k”

Zamocować pręt na podporach A i B. Uruchamiamy program „REDYSK” i przechodzimy do okna „Charakterystyka układu”. W środku pręta łączącego belki A i B przyłożyć za pomocą dynamometru, siłę F prostopadłą do płaszczyzny belek A i B. Wtedy każda z belek będzie obciążona siłą $F/2$. W programie należy kliknąć na przycisk „Dodaj dane”. Zadać kilka sił z zakresu dynamometru w kierunku dodatnim i ujemnym. Wartości zadanej kolejno siły należy wprowadzać z klawiatury komputera a wychylenie podpór zmierzmy klikając na przycisk „Zmierz”. Aby wynik pomiaru znalazł się w tabeli wyników należy kliknąć przycisk „Zatwierdź”. Następnie należy wykonać wykres regresji klikając przycisk „Oblicz”. Wyniki zapisać w postaci pliku tekstowego i dokonać zapisu wykresu na dyskietkę. Po zbadaniu charakterystyki układu zdemontować czujnik przemieszczeń oraz pręt łączący podpory A i B.

Współczynnik sztywności k [N/mm] podpór A i B należy obliczyć na podstawie wskazań czujnika przemieszczeń jako iloraz zadanej siły F [N] do uzyskanego na czujniku przemieszczeń wychylenia x [mm] zgodnie ze wzorem $k_i = \frac{F_i}{x_i}, \left[\frac{N}{mm} \right]$. Obliczenia

zrobić dla wszystkich zadanych wartości siły F i uśrednić wynik zgodnie ze wzorem

$$k = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^i k_i, \left[\frac{N}{mm} \right].$$



Rys. 1. Widok poglądowy stanowiska badawczego.

4. Badanie reakcji dynamicznych

Przechodzimy do okna „Pomiar reakcji dynamicznych”. Modelujemy pierwszy rodzaj niewyrównowazenia poprzez umieszczenie w otworach dodatkowych mas. Uruchamiamy zasilacz i nastawiamy go na napięcie około 20[V]. Dokonujemy odczytu wartości napięć na kanale A i B oraz obliczamy wartość przesunięcia kąta fazowego. Tak postępujemy w przypadku wszystkich trzech typów niewyrównowazenia (patrz „Pomoc” programu „REDYSK”). Wyznaczyć wartości reakcji R_A i R_B za pomocą wzoru (1), oraz określić wartość kąta przesunięcia fazowego dla poszczególnych typów niewyrównowazenia (2).

5. Wyznaczona zależność (1) pozwala na określenie wartości reakcji dynamicznych występujących w podporach stanowiska.

$$R_A = F_A \frac{l_F}{l_R} = k * \delta_A V_{MA} * \frac{l_F}{l_R} [N] \quad (1)$$

$$R_B = F_B \frac{l_F}{l_R} = k * \delta_B V_{MB} * \frac{l_F}{l_R} [N]$$

gdzie:

F_A – wartość zadanej siły F [N], l_F - odległość tensometrów od przyłożenia siły, l_R – odległość tensometrów od osi obracającej się bryły sztywnej, k – stała sprężystości badanego układu obliczona na podstawie charakterystyki układu ($k=F/x$ [N/mm]); $\delta_{A,B}$ - stałe liczbowe podawane na końcu programu jako przeliczenie napięcia U [V] na wychylenie x [mm], $V_{MA,MB}$ – wartości amplitudy U [V].

Dla obliczenia wartości przesunięcia kąta fazowego wyprowadzona została zależność (2)

$$\varphi = \frac{t360^\circ}{T} [^\circ] \quad (2)$$

gdzie:

t – czas między dwoma okresami (między kanałem A i kanałem B) [s], T – okres [s].

6. Oszacowanie błędu pomiarowego

- metoda różniczki zupełnej:

$$R_A = F_A \frac{l_F}{l_R} = k \delta_A V_{MA} \frac{l_F}{l_R} [N]$$

$$\Delta R_A = \left| \frac{\partial R_A}{\partial k} \right| \Delta k + \left| \frac{\partial R_A}{\partial \delta_A} \right| \Delta \delta_A + \left| \frac{\partial R_A}{\partial V_{MA}} \right| \Delta V_{MA} + \left| \frac{\partial R_A}{\partial l_F} \right| \Delta l_F + \left| \frac{\partial R_A}{\partial l_R} \right| \Delta l_R \quad (3)$$

$$\Delta R_A = \left| \delta_A V_{MA} \frac{l_F}{l_R} \right| \Delta k + \left| k V_{MA} \frac{l_F}{l_R} \right| \Delta \delta_A + \left| k \delta_A \frac{l_F}{l_R} \right| \Delta V_{MA} + \left| \frac{k \delta_A V_{MA}}{l_R} \right| \Delta l_F + \left| -\frac{1}{l_F^2} k \delta_A V_{MA} l_F \right| \Delta l_R$$

$$R_B = F_B \frac{l_F}{l_R} = k \delta_B V_{MB} \frac{l_F}{l_R} [N]$$

$$\Delta R_B = \left| \frac{\partial R_B}{\partial k} \right| \Delta k + \left| \frac{\partial R_B}{\partial \delta_B} \right| \Delta \delta_B + \left| \frac{\partial R_B}{\partial V_{MB}} \right| \Delta V_{MB} + \left| \frac{\partial R_B}{\partial l_F} \right| \Delta l_F + \left| \frac{\partial R_B}{\partial l_R} \right| \Delta l_R \quad (4)$$

$$\Delta R_B = \left| \delta_B V_{MB} \frac{l_F}{l_R} \right| \Delta k + \left| k V_{MB} \frac{l_F}{l_R} \right| \Delta \delta_B + \left| k \delta_B \frac{l_F}{l_R} \right| \Delta V_{MB} + \left| \frac{k \delta_B V_{MB}}{l_R} \right| \Delta l_F + \left| -\frac{1}{l_F^2} k \delta_B V_{MB} l_F \right| \Delta l_R$$

- metoda różniczki logarytmicznej

$$R_A = F_A \frac{l_F}{l_R} = k \delta_A V_{MA} \frac{l_F}{l_R} [N]$$

$$\ln R_A = \ln k + \ln \delta_A + \ln V_{MA} + \ln \frac{l_F}{l_R}$$

$$\frac{\Delta R_A}{R_A} = \left| \frac{\Delta k}{k} \right| + \left| \frac{\Delta \delta_A}{\delta_A} \right| + \left| \frac{\Delta V_{MA}}{V_{MA}} \right| + \left| \Delta \frac{l_F}{l_R} \frac{l_R}{l_F} \right| \quad (5)$$

$$R_B = F_B \frac{l_F}{l_R} = k \delta_B V_{MB} \frac{l_F}{l_R} [N]$$

$$\ln R_B = \ln k + \ln \delta_B + \ln V_{MB} + \ln \frac{l_F}{l_R}$$

$$\frac{\Delta R_B}{R_B} = \left| \frac{\Delta k}{k} \right| + \left| \frac{\Delta \delta_B}{\delta_B} \right| + \left| \frac{\Delta V_{MB}}{V_{MB}} \right| + \left| \Delta \frac{l_F}{l_R} \frac{l_R}{l_F} \right| \quad (6)$$

7. Oszacowanie błędu pomiarowego kąta fazowego:

$$\varphi = \frac{t360^\circ}{T}$$
$$\Delta\varphi = \left| \frac{\partial\varphi}{\partial t} \right| \Delta t + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial T} \right| \Delta T \quad (7)$$

$$\Delta\varphi = \left| \frac{360^\circ}{T} \right| \Delta t + \left| -\frac{t360^\circ}{T^2} \right| \Delta T \quad (8)$$

WARTOŚCI BŁĘDU POMIAROWEGO:

$$\Delta F = \pm 0,5 \text{ [N]}$$

$$\Delta k = \pm \text{niepewność stałej } k \text{ [N/mm]}^*$$

$$\Delta\delta_A = \pm 0,19$$

$$\Delta\delta_B = \pm 0,11$$

$$\Delta V_{MA,MB} = \pm 0,0005 \text{ [V]}$$

$$\Delta l_{F, R} = \pm 0,5 \text{ [mm]}$$

$$\Delta t = \Delta T = 1/f_p \text{ [s]}^{**}$$

* niepewność stałej k wskazywana jest przez program „REDYSK” po obliczeniu regresji liniowej i odpowiada ona niepewności stałej w programie oznaczonej jako a .

** f_p – jest wybraną częstotliwością próbkowania sygnału

KARTA WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ

Wyznaczenie charakterystyki układu i współczynnika k :

Siła F_i [N]	Wychylenie x_i [mm]

Obliczenie i -tego współczynnika k :

$$k_i = \frac{F_i}{|x_i|}, \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Uśrednienie współczynnika k :

$$k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^i k_i, \left[\frac{N}{mm} \right]$$

k_i	Wynik [N/mm]
k_1	
k_2	
k_3	
k_4	
k_5	
k	

Pomiar wielkości charakterystycznych:

$$l_F = \dots\dots\dots [mm]$$

$$l_R = \dots\dots\dots [mm]$$

Wyznaczenie reakcji podpór A i B oraz kąta przesunięcia fazowego dla zadanego niewyważenia:

• **Niewyważenie statyczne**

$$R_A = \dots\dots\dots \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot \dots\dots\dots \left[\frac{mm}{V} \right] \cdot \dots\dots\dots [V] \cdot \frac{\dots\dots\dots [mm]}{\dots\dots\dots [mm]} = \dots\dots\dots [N]$$

$$R_B = \dots\dots\dots \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot \dots\dots\dots \left[\frac{mm}{V} \right] \cdot \dots\dots\dots [V] \cdot \frac{\dots\dots\dots [mm]}{\dots\dots\dots [mm]} = \dots\dots\dots [N]$$

$$\varphi = \frac{\dots\dots\dots \cdot 360^\circ}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots^\circ$$

• **Niewyważenie momentowe**

$$R_A = \dots\dots\dots \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot \dots\dots\dots \left[\frac{mm}{V} \right] \cdot \dots\dots\dots [V] \cdot \frac{\dots\dots\dots [mm]}{\dots\dots\dots [mm]} = \dots\dots\dots [N]$$

$$R_B = \dots\dots\dots \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot \dots\dots\dots \left[\frac{mm}{V} \right] \cdot \dots\dots\dots [V] \cdot \frac{\dots\dots\dots [mm]}{\dots\dots\dots [mm]} = \dots\dots\dots [N]$$

$$\varphi = \frac{\dots\dots\dots \cdot 360^\circ}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots^\circ$$

• **Niewyważenie dynamiczne**

$$R_A = \dots\dots\dots \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot \dots\dots\dots \left[\frac{mm}{V} \right] \cdot \dots\dots\dots [V] \cdot \frac{\dots\dots\dots [mm]}{\dots\dots\dots [mm]} = \dots\dots\dots [N]$$

$$R_B = \dots\dots\dots \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot \dots\dots\dots \left[\frac{mm}{V} \right] \cdot \dots\dots\dots [V] \cdot \frac{\dots\dots\dots [mm]}{\dots\dots\dots [mm]} = \dots\dots\dots [N]$$

$$\varphi = \frac{\dots\dots\dots \cdot 360^\circ}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots^\circ$$