

Cel ćwiczenia:

1. Wyznaczenie częstotliwości drgań kamertonu

Zagadnienia do przygotowania:

- fale biegnące, równanie fali, parametry fali
- fale dźwiękowe
- interferencja, dudnienia

Przebieg ćwiczenia:

1. Uruchomić program COACH \ Multiscop (Załącznik).
2. Ustawić zakres czasu pomiaru (10 ms). Wyznaczyć okres drgań kamertonu z konikiem T_2 ("konik" w najwyższym położeniu) powtarzając pomiar ok. 10 razy.
3. Ustawić zakres czasu pomiaru (100 ms). Wyznaczyć okres dudnień dwu kamertonów T_d ("konik w położeniu j.w.). Powtórzyć pomiar ok. 10 razy.
4. Wyznaczyć okres dudnień kamertonów dla kilku położań konika (0 - 8 cm).

Opracowanie wyników:

1. Wyznaczyć okres drgań kamertonu z "konikiem" T_2 wraz z błędem ΔT_2 oraz częstotliwość drgań f_2 i Δf_2 z bezpośredniego pomiaru okresu drgań kamertonu.
2. Wyznaczyć okres dudnień kamertonów T_d wraz z błędem ΔT_d oraz częstotliwość drgań f_d i Δf_d z bezpośredniego pomiaru okresu dudnień kamertonów.
3. Wyznaczyć częstotliwość drgań kamertonu z "konikiem" f_2 wraz z błędem Δf_2 z pomiaru okresu dudnień T_d wykorzystując zależność

$$f_d = f_1 - f_2 \quad f_1 = 440 \text{ Hz} - \text{częstotliwość drgań kamertonu bez "konika"}$$

4. Narysować wykres zależności częstotliwości dudnień od położenia "konika" $f_d(h)$.
5. Narysować wykres zależności częstotliwości kamertonu od położenia "konika" $f_2(h)$.
6. Narysować wykres zależności $f_1/f_d(h)$ w zakresie 0–2 cm. Zaznaczyć na wykresie przykładowe punkty spełniające warunek dudnień ściśle periodycznych

$$f_1 / (f_1 - f_2) = n \quad n - \text{liczba całkowita}$$

oraz odczytać dla nich położenia "konika".

1. Uruchomienie systemu COACH:

Program Coach przechowywany jest w katalogu c:\ipc4, a zbiory użytkowników (np. wyniki pomiarów) w katalogu c:\ipc4\user.

- start (start.bat) - uruchomia system COACH
- spacja - wejście do programu głównego

Menu programów rozwijane jest z górnej listwy, np. dla programu głównego w czterech kolumnach: Pomoc, Programy, Dodatkowe, Wyjście. W ćwiczeniu wykorzystywane będą programy:

Multiskop - do rejestracji w funkcji czasu napięć podawanych na konsolę pomiarową i do podstawowej analizy wyników.

Przetwarzanie - do szerszej analizy zarejestrowanych wyników.

Dokładne informacje o programach można znaleźć w instrukcji IP-COACH 4.

2. Rejestracja dudnień

- przejść do programu Multiskop - Programy\Multiskop enter
- ustalić zakres czasu pomiaru - Nastawienie\Pomiar\Czas pomiaru, wybrać czas i wyjść przez Esc.
- dokonanie pomiaru - Pomiar\Start, ustawić oba kamertony w jednakowej odległości od detektora dźwięku, uderzyć w nie kolejno i nacisnąć spację
- zmierzyć okres dudnień - Analiza\Odczyt wartości

Można również:

- zapisać wyniki pomiaru na dysku - Dane WE/Wy\Wyniki\Zapis
- wydrukować rysunek - Dane WE/Wy\Wyniki\Wydruk
- powiększyć wybrany fragment rysunku - Pomiar\Powiększenie, wybrać powiększany prostokąt przez zaznaczenie dwóch narożników; pierwszy - <enter>, drugi - <spacja>

Uwaga: Analizować powiększony rysunek można jedynie w programie Przetwarzanie.

BADANIE DUDNIEN

Cel: Badanie zjawiska składania drgań harmoniczych na przykładzie fal głosowych.

Przyrządy: komputer IBM PC z interfejsem i przedwzmacniaczem, para widełek stroikowych, mikrofon.

Zagadnienia: drgania harmoniczne i ich składanie, drgania akustyczne.

WPROWADZENIE

Wychylenie x punktu wykonującego drgania harmoniczne zmienia się periodycznie zgodnie z wzorem:

$$x = a \cos(\omega t + \varphi), \quad (\text{DU.1})$$

gdzie a oznacza amplitudę, ω - częstota kołowa, t - czas, φ - fazę początkową. Punkt może wykonywać równocześnie dwa drgania harmoniczne. Wtedy, zgodnie z zasadą niezależności ruchów, położenie x punktu można obliczyć przez zsumowanie wychyleń ruchów składowych:

$$x = x_1 + x_2$$

czyli

$$x = a_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + a_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2). \quad (\text{DU.2})$$

Łatwe są obliczenia w przypadku dwóch drgań o równych amplitudach i równych fazach $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$.

$$x_1 = a \cos \omega_1 t, \quad x_2 = a \cos \omega_2 t. \quad (\text{DU.3})$$

Wynik dodawania jest następujący:

$$x = A \sin \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t, \quad (\text{DU.4})$$

gdzie

$$A = 2a \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t. \quad (\text{DU.5})$$

W wyniku dodawania uzyskuje się drgania harmoniczne o częstoci średniej:

$$\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}, \quad (\text{DU.6})$$

i amplitudzie A powoli zmieniającej się w czasie - częstotcia zdefiniowana wzorem:

$$\omega_d = \omega_1 - \omega_2 \quad (\text{DU.7})$$

Amplituda A zmienia się od 0 do maksymalnej wartości $2a$ w sposób

okresowy. Tego typu ruch nazywamy dudnieniami. Okresem dudnień T_d nazywamy czas dzielący dwa maksima amplitudy czyli:

$$\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} T_d = \pi \quad (\text{DU.8})$$

stad

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2} \quad \text{lub} \quad T_d = \frac{1}{\nu_1 - \nu_2} \quad (\text{DU.9})$$

gdzie częstota $\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$.

Dodajmy, że dudnienia nie są ściśle periodyczne, jeżeli stosunek częstotliwości drgań składowych jest liczbą niewymierną. Odstępstwo polega na nie powtarzaniu się fazy w węzłach lub minimach. Periodyczność jest zachowana jeżeli zachodzi:

$$\omega_1 = n (\omega_1 - \omega_2). \quad (\text{DU.10})$$

W przypadku składania drgań o różnych amplitudach

$$x_1 = a_1 \sin \omega_1 t, \quad x_2 = a_2 \sin \omega_2 t. \quad (\text{DU.11})$$

sumowanie prowadzi do następującego wyniku:

$$x = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos [(\omega_1 - \omega_2)t]} \sin (\omega_1 t + \varphi), \quad (\text{DU.12})$$

który można zapisać w postaci:

$$X = x_1 + x_2 = a \sin (\omega_1 t - \varphi):$$

gdzie

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos [(\omega_1 - \omega_2)t]} \quad (\text{DU.13})$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a_2 \sin [(\omega_1 - \omega_2)t]}{a_1 + a_2 \cos [(\omega_1 - \omega_2)t]} \quad (\text{DU.14})$$

Zatem zarówno amplituda jak i faza zmieniają się w czasie. Gdy spełnione są warunki (DU.3), wtedy w węzłach jest taka sama faza drgań i połączenia węzłów oraz okres jest określony jednoznacznie. Gdy odstępstwo od warunków (DU.3) nie jest duże, wtedy nadal obserwuje się okresowe zmiany amplitudy ale w kolejnych minimach są różne fazy drgań i trudno określić dokładnie ich położenie.

Dudnienie. Przy nałożeniu się drgań harmoniczných o niewiele różniących się pulsacjach powstaje drganie złożone, które nazywamy *dudnieniem*. Dla uproszczenia założmy, że drgania składowe mają jednakowe amplitudy. Można je wtedy zapisać w postaci

$$x_1 = A \cos \omega_1 t = A \cos (\omega + \Delta\omega) t$$

$$x_2 = A \cos \omega_2 t = A \cos (\omega - \Delta\omega) t$$

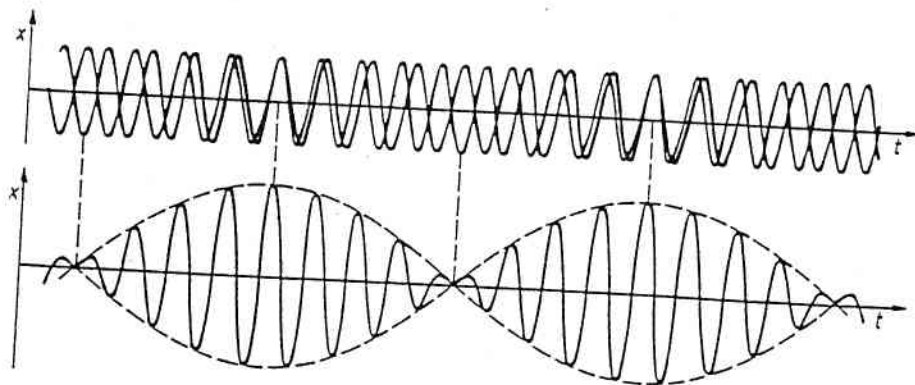
gdzie:

$$\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}, \quad \Delta\omega = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2}$$

Drganie wypadkowe wyraża się wzorem

$$\begin{aligned} x &= A \cos (\omega + \Delta\omega) t + A \cos (\omega - \Delta\omega) t = \\ &= 2A \cos \Delta\omega t \cdot \cos \omega t = A' \cos \omega t \end{aligned} \quad (2.31)$$

Wzór ten opisuje drganie o pulsacji ω , którego amplituda $A' = 2A \cos \Delta\omega t$ zmienia się periodycznie w czasie. Powstawanie dudnień przedstawiono na rys. 2.9. Amplituda dudnienia zmienia się z pulsacją równą $2\Delta\omega$, co pokazano na rysunku.



Rys. 2.9. Nałożenie się drgań harmoniczných o zbliżonych pulsacjach (wykres górny) daje w wyniku dudnienie (wykres dolny)

Dudnienia można usłyszeć, gdy np. w instrumentach muzycznych dwie struny są nastrojone na niewiele różniące się tony: gdy obie te struny wydają dźwięk, słyszymy dudnienie. Dudnienie można usłyszeć w odbiorniku radiowym, gdy dwie stacje pracują na bliskich częstotliwościach a mała selektywność odbiornika uniemożliwia ich oddzielenie.