

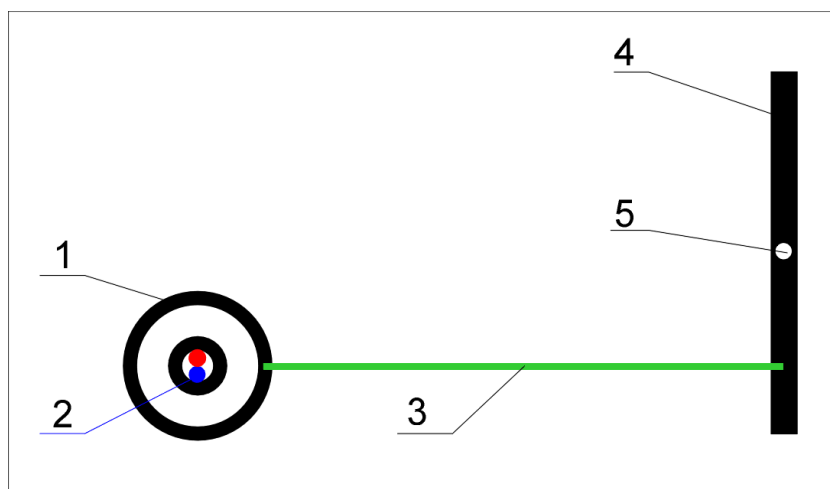
URZĄDZENIE DO DEMONSTRACJI POWSTAWANIA KRZYWYCH LISSAJOUS

Urządzenie służące do pokazu krzywych Lissajous powstających w wyniku składania mechanicznych drgań harmoniczych zostało przedstawione na rys. 1.



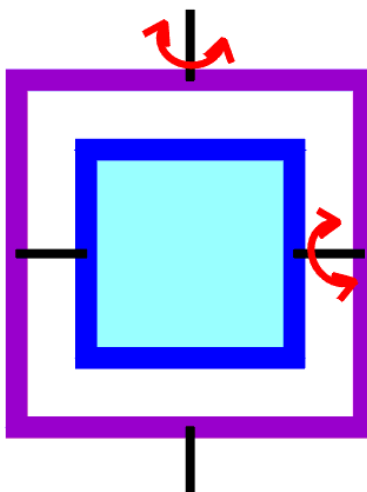
rys. 1 Widok ogólny urządzenia

Działanie urządzenia polega na tym (rys. 2), że ruch obrotowy osi silników (2), dzięki mimośrodowemu umocowaniu łożysk (1) symulujących wały korbowe, jest zamieniony na ruch posuwisto-zwrotny korbowodów (3). Ze względu na to, że ruch w płaszczyźnie prostopadłej do linii łączącej mimośród z punktem mocowania korbowodu do uchwyty zwierciadła (4) jest niewielki w porównaniu do długości elementu (3), można pominąć jego wpływ na zachowanie się zwierciadła. Uchwyt zwierciadła jest zamocowany na osi (5), co umożliwia odchylenie się zwierciadła w dwie strony względem położenia spoczynkowego.



rys. 2 Zasada działania układu przenoszenia ruchu

W urządzeniu zastosowano dwa silniki prądu stałego oraz dwa układy zamiany ruchu. Jeden z silników ma ustaloną prędkość obrotową, natomiast drugi ma prędkość regulowaną. Ruchy posuwisto-zwrotne są przeniesione na uchwyt zwierciadła zamocowany w układzie przegubu Cardana (rys.3). Wewnętrzna ramka ze zwierciadłem ma możliwość wykonywania ruchów wahadłowych względem osi poziomej osadzonej w ramce zewnętrznej, która z kolei porusza się względem osi pionowej.



rys. 3 Mocowanie zwierciadła

Na zwierciadło skierowany jest promień lasera, który po odbiciu trafia na ekran. Ruch plamki promienia laserowego na ekranie może być opisany zależnościami:

$$y = A_y \sin(\omega_y t)$$

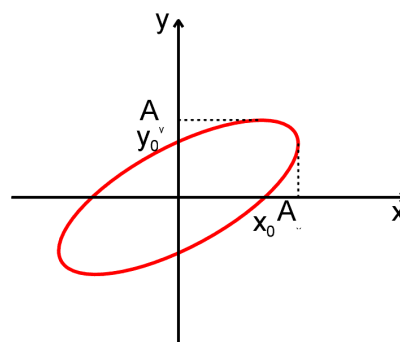
$$x = A_x \sin(\omega_x t + \varphi)$$

gdzie: A_y i A_x są amplitudami wychylenia w kierunku pionowym i poziomym, ω_y i ω_x - częstości z jakimi obracają się silniki, natomiast φ jest przesunięciem fazowym pomiędzy składowymi ruchy plamki promienia lasera na ekranie.

W dalszym ciągu rozważonych będzie kilka ciekawych przypadków. Jako pierwszy niech będzie przypadek, w którym $\omega_y = \omega_x$. Korzystając z wielkości określonych tak jak na rys. 4, przesunięcie fazy można obliczyć z zależności:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{y_0}{A_y}\right) = \arcsin\left(\frac{x_0}{A_x}\right)$$

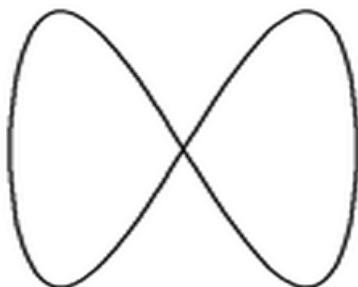
gdzie y_0 i x_0 są wychyleniami plamki, w których kreślona elipsa przecina osie układu współrzędnych.



rys. 4 Przypadek równych częstości

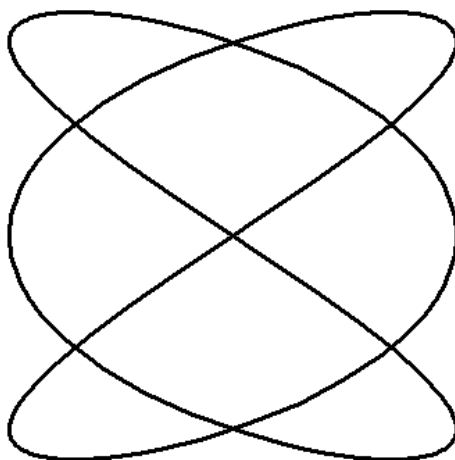
Warunkiem poprawności obliczeń jest to, aby drgania odbywały się w kierunku pionowym i poziomym. Warunek ten jest zachowany w omawianym urządzeniu.

Dla przypadku $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ oraz $\frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{2}$ uzyskuje się krzywą jak na rys. 5.



rys. 5

Z kolei spełnienie warunków $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ oraz $\frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{3}{2}$ powoduje powstanie krzywej przedstawionej na rys. 6.



rys. 6

Opis doświadczenia

Przed włączeniem, wskazane jest obrócenie potencjometru regulacyjnego w skrajne, lewe położenie. Urządzenie należy podłączyć do źródła zasilającego o napięciu w zakresie od 7 do 10 V (napięcie może być stałe lub przemienne w związku z czym, sposób podłączenia nie jest istotny). Włączenie źródła zasilającego powoduje pojawienie się promieniowania laserowego i pracę jednego z silników. Odbity od zwierciadła promień powinien być skierowany na ekran projekcyjny. Należy zwrócić uwagę na kształt linii (wszelkie nierównomierności są spowodowane niedoskonałą konstrukcją mechaniczną urządzenia). Następnie należy delikatnie regulować potencjometr tak, aby zaczął obracać się drugi silnik. W zależności od jego prędkości obrotowej można zaobserwować różne kształty krzywych Lissajous.

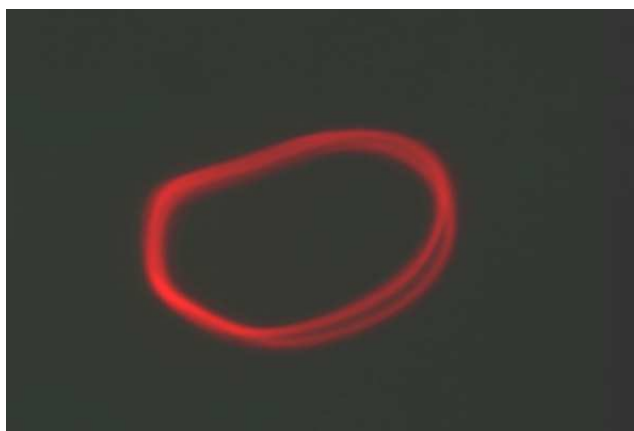
W doświadczeniu praktycznie nie jest możliwe uzyskanie stabilnych krzywych, a to z powodu nieprecyzyjnego układu mechanicznego. Dodatkowe problemy sprawił laser małej mocy pochodzący z taniego wskaźnika:

- kolimator bardzo niskiej jakości,
- mała moc promieniowania przy braku stabilności obrazu bardzo utrudniała uzyskanie dobrego zdjęcia fotograficznego.

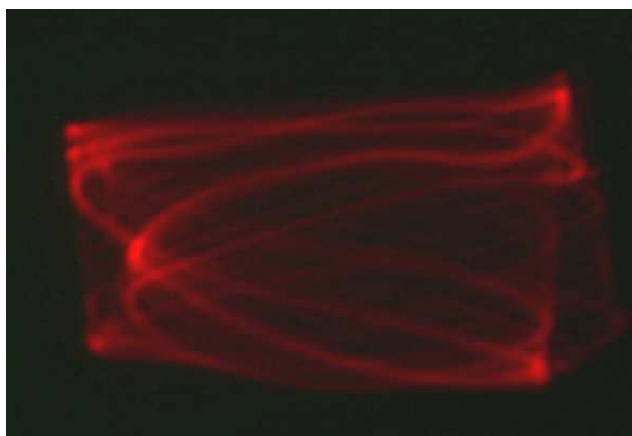
Poniżej przedstawiono zdjęcia wykonane przy pracującym urządzeniu.



rys. 7 Pracuje tylko jeden silnik

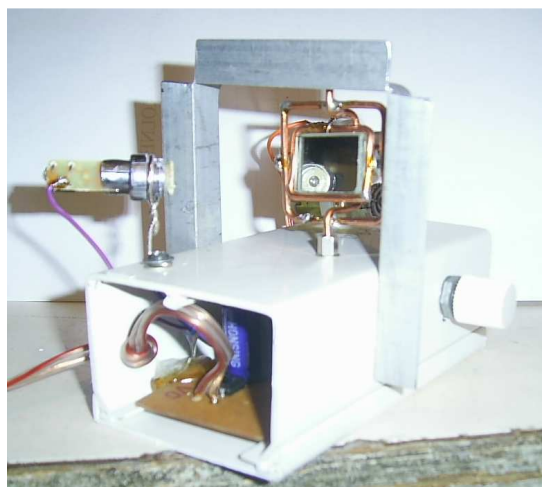


Rys. 8 Jednakowe prędkości obrotowe obydwu silników



Rys. 9 Stosunek prędkości obrotowych 3:2, zmieniająca się faza spowodowała powstanie efektu „obracającego” się obrazu

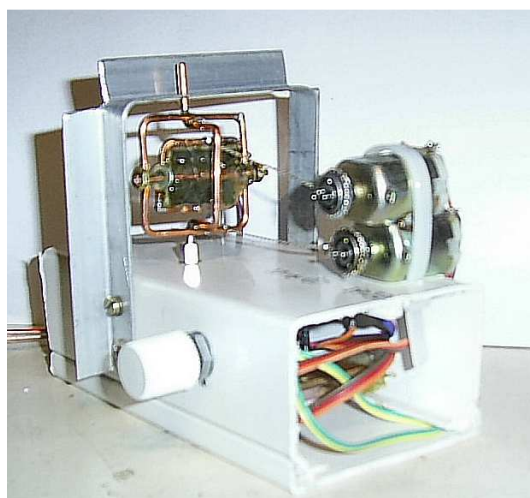
Poniżej przedstawiono dodatkowe zdjęcia urządzenia.



rys. 10



rys. 11



rys. 12

Wszystkie ilustracje – opracowanie własne