

M22 ó Badanie drga tó mionych i wymuszonych oscylatora harmonicznego [dodatek do skryptu I Pracownia Fizyczna]

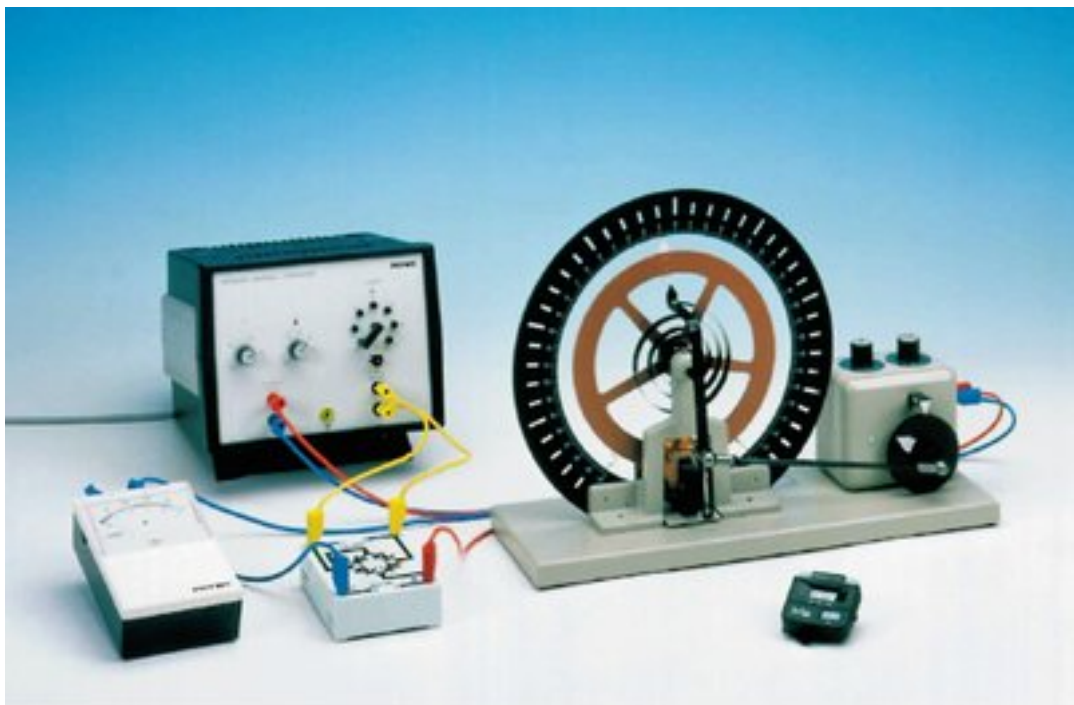
I Pracownia Fizyczna wprowadzió cztery nowe zestawy do wiczenia M22. Zast pi one dwa zestawy z wahadó m torsyjnym zanurzonym w cieczy. Na tych zestawach mo na tak e wykonywa elementy wiczenia M19 (wahadó tó mione).

1. Teoria

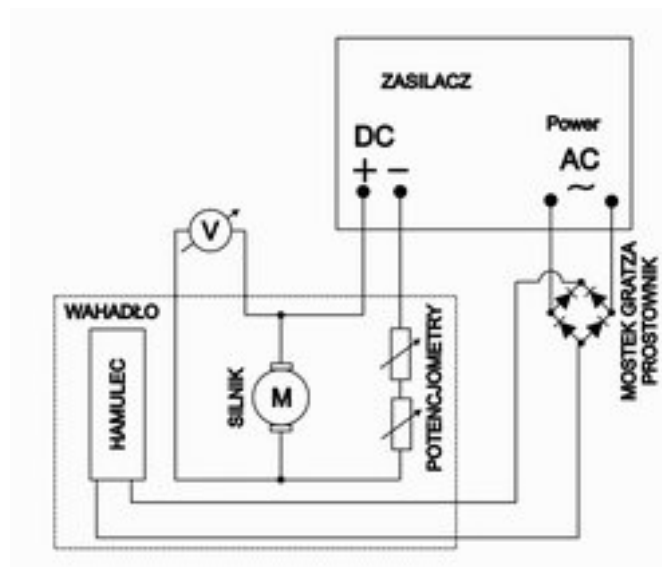
Teoria potrzebna studentowi do wykonania nowej wersji wiczenia jest opisana w rozdziaó ch 1.3 (Krzywe rezonansowe oscylatora harmonicznego tó mionego) i 1.2 (Badanie drga tó mionych wahadó m torsyjnego) skryptu Pracownia Fizyczna pod redakcj A. Magiery. Wszystkie równania mo na bezpo rednio zastosowa do nowych zestawów. Zmienia si jedynie mechanizm tó mienia (z wiskotycznego na indukcyjne).

2. Krótki opis ukó adu

Gó wnym elementem zestawu do wiczenia M22 jest koó balansowe, czyli tarcza ze stopu miedzi, do której przymocowana jest spiralna spr ó yna (rys.1).



Rys. 1. Widok nowego ukó adu pomiarowego do wiczenia M22



Rys. 2 Schemat połączeniowy układu

Warto zwrócić uwagę na wykorzystanie takiego elementu np. w zegarkach mechanicznych i jego analogi do wahadła w zegarach ciennych. Wymuszenie odbywa się poprzez pręt umocowany z jednej strony do sprężyny a z drugiej strony (mimo rowdowo) do silnika stałoprądowego. Przybliżenie oscylatora harmonicznego jest spełnione dla wszystkich kątów wychylenia (mierzonych w jednostkach umownych). Regulacja częstotliwości wymuszającej następuje poprzez zmianę napięcia podawanego na silnik. Schemat połączenia przedstawiony jest na rys. 2.

Tętnienie w układzie realizowane jest poprzez hamulec indukcyjny działający w oparciu o powstawanie prądów wirowych. W takim hamulcu tętnienie jest wprost proporcjonalne do prędkości kątowej tarczy. Zmiana tętnienia następuje poprzez regulację prądu płynącego przez uzwojenia elektromagnesu, między którymi umieszczone jest koło balansowe, a w praktyce przez zmianę ustawienia tarczy δ Powera na zasilaczu.

UWAGA: W doświadczeniu wszelkie pomiary wykonywane są szna oko. W poprzedniej wersji wiczenia zarówno amplituda jak i okres drga wyznaczone były przy pomocy fotokomórek. Powoduje to, że wiczenie staje się nieco trudniejsze w wykonaniu.

3. Przebieg pomiarów

3.1 Pomiary wstępne [Etap 1]

- a) Wyznaczenie częstotliwości drga swobodnych wahadła ω_0

Prosty pomiar stoperem. Należy zmierzyć $n=5-10$ okresów oscylacji puszczone koło balansowe z maksymalnego położenia.

- b) Kalibracja częstotliwości wymuszającej: pomiar zależności $\omega = \omega(U)$, gdzie ω jest częstotliwością wymuszającą a U jest napięciem podawanym na silnik.

Ta charakterystyka pozwoli na późniejsze przedstawienie krzywych rezonansowych w funkcji częstotliwości. Wystarczy wykonać stoperem ok. 10 pomiarów wielokrotności okresu obrotu ($n=5-10$) silnika dla różnych napięć U w zakresie 2.5-12V.

Następne dwa etapy wiczenia powinny być wykonywane dla kilku różnych wartości tłumienia Γ (pródów hamulca). Etapy te najlepiej wykonywać naprzemiennie. Podczas wiczenia, w zależności od okoliczności można wykonać pomiary dla 2-4 różnych ustawień tłumienia. Naprzemiennie wykonywanie etapów 3.2 i 3.3 pozwoli na porównanie wyników zebranych w tych etapach i na elastyczny dobór liczby ustawień tłumienia Γ .

3.2 Badanie oscylacji tłumionych dla ustalonej wartości współczynnika tłumienia Γ [Etap 2]

a) Wyznaczanie częstości drgań tłumionych ω , w zależności od tłumienia.

Prosty pomiar stoperem. Należy zmierzyć maksymalną liczbę do zmierzenia wielokrotnie okresów oscylacji puszczonego kołbalansowe z krótkiego położenia. Ponieważ dla dużego tłumienia można zmierzyć maksymalnie 2-3 wahnięcia, pomiar można powtarzać.

b) Obserwacja tłumienia zaniku oscylacji. Pomiar amplitudy oscylacji w zależności od czasu $A=A(t)$, gdzie $t=mT_1/2$, T_1 jest okresem drgań tłumionych a $m=1,2,\dots$

Puszczając kołbalansowe z maksymalnego wychylenia student obserwuje zanik amplitudy oscylacji. Notuje on maksymalne wychylenia w zależności od numeru oscylacji m (zarówno dla dodatnich i ujemnych położeniach czyli co $\Delta t=T_1/2$). Najwygodniej jest to robić, puszczone wahadła następnie notując jedno lub dwa położenia maksymalne. Kolejne położenia można zanotować po ponownym puszczeniu wahadła. Uwaga: W zupełności wystarczy notować obserwowane wychylenia z dokładnością ± 1 jednostka skali!

3.3 Pomiar krzywej rezonansowej $A=A(\omega)$ dla ustalonej wartości współczynnika tłumienia [Etap 3]

Zmieniając i notując napięcie zasilania silnika, student zapisuje maksymalne wychylenie kołbalansowego po ustabilizowaniu się stałej amplitudy drgań. Sensowny zakres napięcia: 3.5V-10V. Sensowny krok: 0.3-0.5V w szogonach krzywej i 0.1V lub mniej w pobliżu rezonansu czyli dla $U=6.7V-8V$. Dokładność odczytu amplitudy jest rzędu ± 0.2 jednostek skali (dla małych wychyleń) i ± 0.5 (dla dużych wychyleń). Do precyzyjnej zmiany napięcia należy stosować bardziej czuły potencjometr.

Uwaga 1: dla małych tłumień, szarobujane wahadła bardzo wolno dochodzi do stanu stabilnego. Dlatego warto, przy każdej dorazowej zmianie napięcia, bardzo delikatnie przynieść i/lub poprzez wyzerowanie napięcia zatrzymać kołbalansowe. Puszczając następnie swobodnie kołbalansowe, widać bardzo ładnie stopniowy proces dochodzenia do stabilnego periodycznego ruchu. W przeciwnym wypadku krzywa rezonansowa może być sztucznie wzmocniona po stronie rezonansu odpowiadającej wyszczymczostociom.

Uwaga 2: Dla ustawień Γ 2 i 4 kołbalansowe zaczyna uderzać w ograniczniki i krzywej nie można zmierzyć w czystym rezonansie. W porównaniu z małymi precyzyjnymi pomiarami, może utrudnić to dalszą analizę danych.

4. Opracowanie danych

4.1 Pomiary wstępne [Etap 1]

- Wyznaczą czysto drgania swobodnych wahadła ω_0
- Kalibracja czystotliwości. Narysować wykres $\omega = \omega(U)$. Do zależności $\omega = \omega(U)$, dopasować metodą regresji liniowej prostą. Otrzymane parametry pozwolą na późniejsze przeliczenie napięcia na czystotliwość

4.2 Badanie oscylacji tłumionych dla ustalonej wartości współczynnika tłumienia Γ [Etap 2]

- Wyznaczą czystotliwość drgań ω_1 dla różnych parametrów tłumienia Γ .
- Narysować wykresy zaniku amplitudy oscylacji $A = A(t)$ dla różnych parametrów tłumienia Γ . Z wykresów (przez dopasowanie eksponenty lub prostej do zlinearyzowanej zależności) wyznaczą parametry Γ .

4.3 Pomiar krzywej rezonansowej $A = A(\omega)$ dla ustalonej wartości współczynnika tłumienia [Etap 3]

- Narysować krzywe rezonansowe $A = A(\omega)$. Do krzywych dopasować zależność (1.3.12) skryptu. Wyznaczą a_0 , Γ , ω_0 . Porównają otrzymane wartości z wartościami otrzymanymi w poprzednich punktach. Przedyskutują otrzymane wyniki.