

ĆWICZENIE 8 – SILNIK PIEZOELEKTRYCZNY

Wprowadzenie

Przy projektowaniu silnika piezoelektrycznego o ruchu obrotowym pojawiają się dwa główne problemy:

- 1) zamiana drgań mechanicznych rezonatora na ruch obrotowy silnika,
- 2) opracowanie układu zasilania silnika.

Częstotliwość rezonansową przetwornika piezoelektrycznego można określić z charakterystyk częstotliwościowych prądu $I = f(f)$. Częstotliwość rezonansowa odpowiada maksymalnej amplitudzie prądu. Charakterystykę prądowo – częstotliwościową można wykorzystać jako sygnał sprzężenia zwrotnego do regulacji częstotliwości napięcia zasilającego. Układ regulacji powinien pracować przy maksymalnej wartości prądu, co gwarantuje, że napięcie zasilania ma częstotliwość rezonansową. W rezonansie drgania przetwornika osiągają maksymalną możliwą amplitudę.

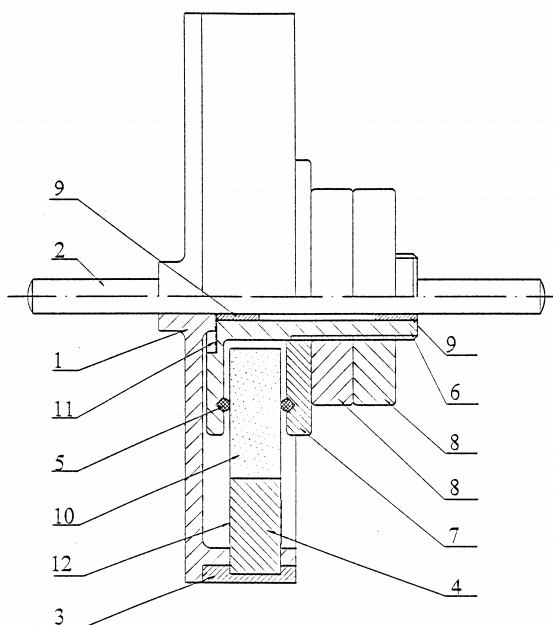
Element piezoceramiczny w silniku jest nieruchomy (nie wiruje), co umożliwia przyłączenie napięcia przez styki lutowane.

W konstrukcji silnika wykorzystywanego w ćwiczeniu użyto rezonatora w kształcie wydrążonej tarczy o wymiarach: $\phi_z = 42$ mm; $\phi_w = 12$ mm; $d = 6$ mm.

Rysunek konstrukcyjny silnika przedstawiono na rys. 8.1.

Budowa silnika została oparta na płytce piezoceramicznej (10) w kształcie wydrążonej tarczy. Konstrukcyjnie płytka (10) została osadzona za pomocą gumowych podkładek dystansowych (5) na kołnierzonej tulei mocującej (6), przy czym zewnętrzna walcowa powierzchnia tulei (6) jest nagwintowana. Jedna podkładka dystansowa (5) przylega do wewnętrznej powierzchni tarczowej tulei (6) i powierzchni tarczowej płytki piezoceramicznej (10), a druga podkładka dystansowa (5) przylega do przeciwległej powierzchni tarczowej płytki piezoceramicznej (10) i powierzchni tarczowej podkładki dociskowej (7), przy czym podkładka (7) jest dociśnięta i zablokowana za pomocą nakrętek (8) nakręconych na tuleję mocującą (6). Podkładki dystansowe (5) zabezpieczają przed tym, aby energia drgań płytki piezoceramicznej (1) nie przenosiła się na nieruchome elementy silnika. Tuleja mocująca (6) jest

ułożyskowana na wałku (2) silnika za pomocą dwóch łożysk (9) ślizgowych. Na wałku (2) jest osadzona na stałe aluminiowa tarczowo-cylindryczna konstrukcja mocująca (1) elementy wirnika. W części cylindrycznej są osadzone na wcisk płytki kontaktowe (4) przenoszące drgania rezonatora piezoceramicznego (10) na konstrukcję wirnika (1). Płytki kontaktowe (4) są dodatkowo unieruchomione przy pomocy pierścienia blokującego (3). Silnik ma 12 płytek kontaktowych (4) równomiernie rozłożonych na obwodzie wirnika. Płytki kontaktowe (4) są osadzone ścięciwowo. Kąt między płytką kontaktową (4) i powierzchnią walcową płytki piezoceramicznej (10) wynosi 55° . Każda płytka kontaktowa składa się z trzech blaszek stalowych połączonych koszulką termokurczliwą. Wpływa to korzystnie na liczbę punktów kontaktowych płytek (4) z przetwornikiem piezoelektrycznym, jak i na ich sprężystość.

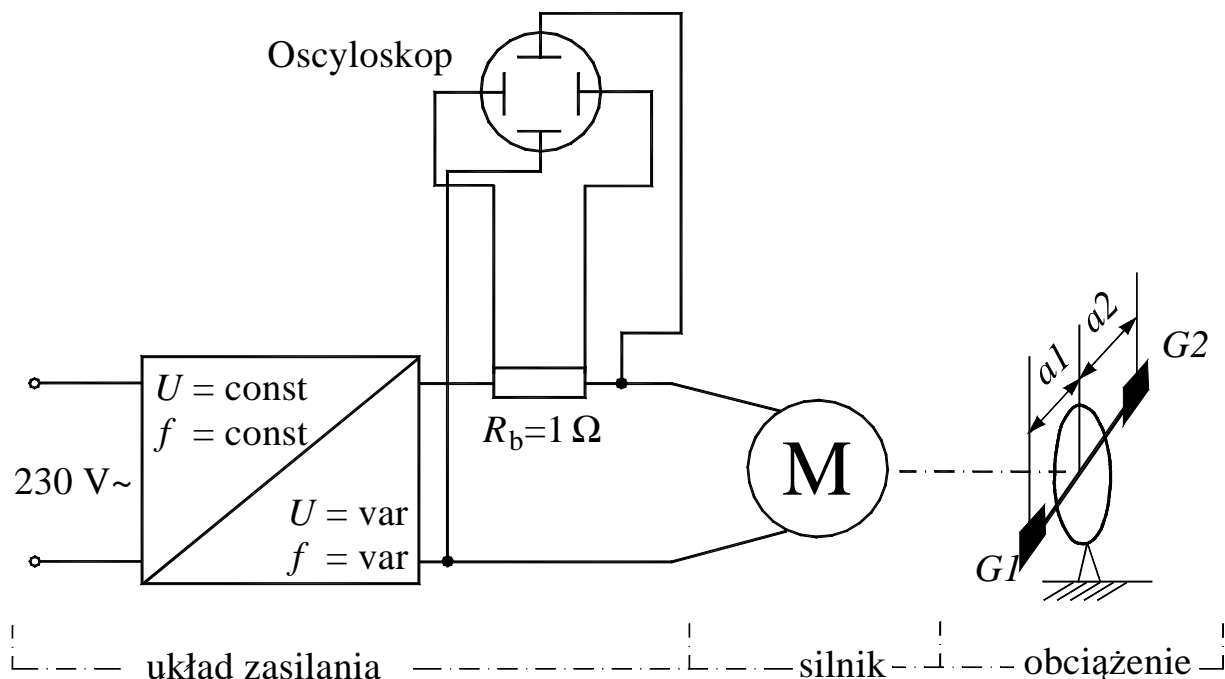


Rys. 8.1. Silnik piezoceramiczny z rezonatorem tarczowym (opis konstrukcji w tekście)

Inny kąt nachylenia płytek i inna ich liczba spowodowałyby zmianę prędkości silnika. Zużywanie się elementów mechanicznych popychających wirnik jest obok starzenia się przetwornika piezoelektrycznego i zmiany jego parametrów pod wpływem temperatury i czasu to zasadnicze ograniczenia w konstrukcji silników piezoelektrycznych.

Opis stanowiska laboratoryjnego

Stanowisko laboratoryjne składa się z opisanego silnika piezoelektrycznego, autonomicznego układu zasilania i oscyloskopu (rys.8.2).



Rys. 8.2. Schemat ideowy stanowiska do badania silnika piezoelektrycznego

Częstotliwość rezonansowa przetwornika piezoelektrycznego wynosi około 61,1 kHz. Układ zasilania jest generatorem napięcia sinusoidalnego. Generator ten może pracować w trybie automatycznym (stała częstotliwość i napięcie wyjściowe) lub ręcznym (nastawiana oddzielnie częstotliwość i napięcie). Przełącznik trybu pracy oraz potencjometry nastawy napięcia i częstotliwości mieszczą się na płycie czołowej zasilacza. Zasilanie silnika odbywa się przewodem koncentrycznym. W obwód zasilania włączony jest szeregowo rezystor o wartości 1Ω , służący jako bocznik do pomiaru prądu silnika.

Pomiar wartości skutecznych napięcia i prądu zasilających silnik nie może być przeprowadzony miernikami elektromagnetycznymi ze względu na wysoką częstotliwość pracy układu. W ćwiczeniu pomiar wykonuje się za pomocą oscyloskopu dwukanałowego, a następnie oblicza się wartości skuteczne z definicji:

$$F = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt}, \quad (8.1)$$

gdzie $f(t)$ – wartość chwilowa sygnału, T – okres sygnału, F – wartość skuteczna sygnału.

Silnik piezoelektryczny odznacza się dużym wytwarzanym momentem przy niskiej prędkości obrotowej. Prędkość obrotową można mierzyć za pomocą stroboskopu lub stoperem, mierząc czas np. 10 kolejnych obrotów silnika. Częstotliwość sygnału zasilającego mierzy się za pomocą oscyloskopu. Silnik obciąża się momentem tarcia, ściskając wirnik silnika hamulcem składającym się z pasków gumy i śruby. Zmieniając odległość od osi symetrii wahadła jednego z ciężarków zamontowanych na tymże wahadle doprowadzamy układ do położenia równowagi (drugi zamontowany ciężarek jest nieruchomy). Układ wahadła zamontowany jest na wale silnika. Odległość od osi symetrii wahadła mierzy się linijką, przy czym należy pamiętać, że ma to być odległość od środka ciężkości ciężarka (rys. 8.3). Moment wytwarzany przez silnik oblicza się z równania równowagi układu.

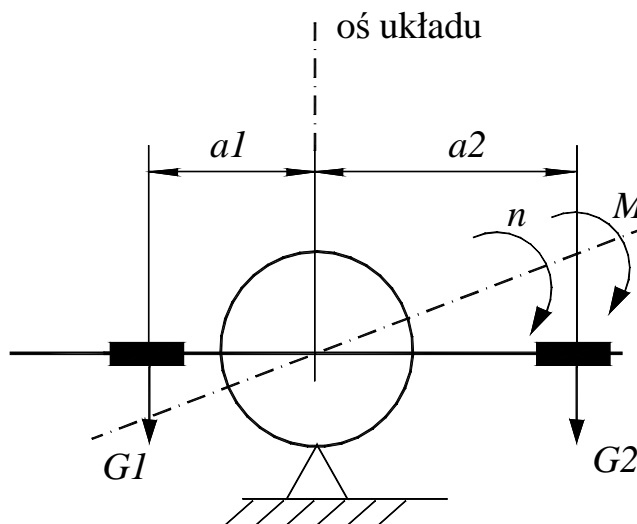
Uwaga: Wahadło podparte w jednym punkcie może znajdować się tylko w stanie równowagi chwiejnej, toteż nigdy nie uda się osiągnąć takiego położenia ciężarków, by wahadło było nieruchome. Należy dążyć do tego, by liczba wahań w lewo i prawo była taka sama, a wielkości wychyleń równe – w takim położeniu mierzymy odległość ciężarka od osi symetrii.

Program ćwiczenia

- 1) Oględziny silnika
- 2) Zmontowanie układu pomiarowego wg rys. 8.2.
- 3) Uruchomienie i przetestowanie układu

Generator sygnału sinusoidalnego zasilany jest z sieci 230 V~. Po włączeniu zasilacza do sieci, należy go uruchomić za pomocą przełącznika „Sieć”, umieszczonego na płycie czołowej urządzenia. Przewodem koncentrycznym z wyjścia BNC oznaczonego „U” podłącza się silnik do zasilacza. Dwa kolejne przewody koncentryczne podłączone odpowiednio do wyjść „U” i „I” doprowadzają sygnały napięcia,

prądu (i jednocześnie częstotliwości) do wejść oscyloskopu. Podanie napięcia na silnik odbywa się poprzez wybranie klawisza „F1” na klawiaturze numerycznej zasilacza. Należy przetestować warianty pracy silnika – tryb automatyczny i ręczny, zmianę napięcia i częstotliwości sygnału zasilającego silnik.



Rys. 8.3. Układ sił i momentów działających na wahadło

4) Pomiar charakterystyk silnika.

Na biegu jałowym silnika w trybie pracy ręcznej należy znaleźć i zmierzyć częstotliwość rezonansową elementu piezoelektrycznego w stanie zimnym. Zmierzyć temperaturę piezoelektryka.

Na biegu jałowym silnika w trybie pracy ręcznej zmierzyć charakterystyki prądowo-częstotliwościowe $I = f(f)$. Wykonać kilka serii pomiarów dla napięć zasilania np. $U = 30 \text{ V}$, $U = 40 \text{ V}$, $U = 50 \text{ V}$, $U = 60 \text{ V}$, $U = 70 \text{ V}$, $U = 80 \text{ V}$. Dla każdej serii utrzymywać stałe napięcie zasilania.

Na biegu jałowym silnika dla częstotliwości rezonansowej lub zbliżonej w trybie pracy ręcznej zmierzyć charakterystykę $n = f(U)$. Utrzymywać stałą częstotliwość zasilania.

W trybie pracy automatycznej zmierzyć charakterystyki elektromechaniczne $I, M = f(n)$ (zmieniając moment obciążenia), odczytywać napięcie i częstotliwość z oscyloskopu, zwrócić uwagę, czy parametry te są stałe w całym zakresie momentu obciążenia.

W trybie pracy ręcznej ustawić napięcie zasilania $U = 50 \text{ V}$. Zmierzyć charakterystyki elektromechaniczne $I, M = f(n)$ (zmieniając moment obciążenia). Dla każdego punktu pomiarowego odczytywać częstotliwość z oscyloskopu. Utrzymywać stałe napięcie zasilania.

Powtórzyć ten pomiar dla innych napięć zasilających, np. $U = 30 \text{ V}$, $U = 40 \text{ V}$, $U = 60 \text{ V}$, $U = 70 \text{ V}$, $U = 80 \text{ V}$.

Znaleźć i zmierzyć częstotliwość rezonansową przetwornika piezoelektrycznego w stanie gorącym. Zmierzyć temperaturę piezoelektryka.