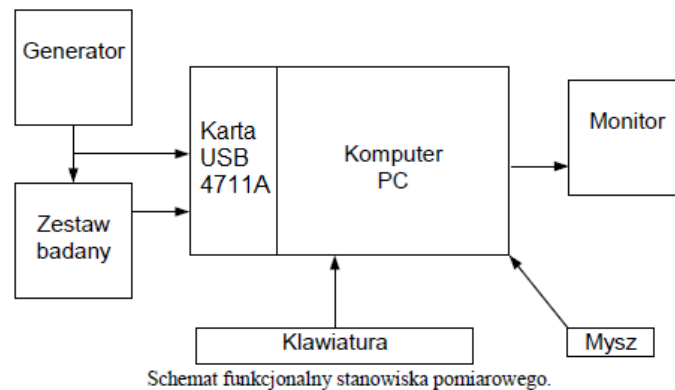


Temat ćwiczenia: Badanie liniowych, ciągłych członów automatycznej regulacji

Celem ćwiczenia jest pomiar i analiza charakterystyk częstotliwościowych podstawowych członów automatycznej regulacji.

1. Stanowisko pomiarowe



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe oparte na komputerze PC z kartą akwizycji danych USB-4711A.

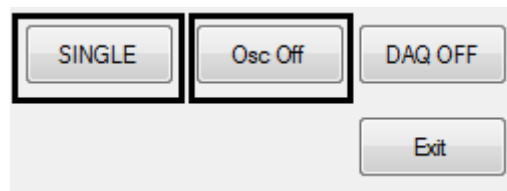
1.1. Aplikacja do rejestracji sygnałów i pomiaru charakterystyk częstotliwościowych.

Do celów rejestracji charakterystyk częstotliwościowych układów automatycznej regulacji opracowano napisaną w języku C# aplikację współpracującą z kartą zbierania danych USB 4711-A. Aplikacja pełni rolę oscyloskopu udostępniając użytkownikowi tryb **pracy ciągłej-ocycloskopowej** jak również pojedynczą obserwację sygnałów wejściowych i wyjściowych. Sterowanie odbywa się z wykorzystaniem przycisków widocznych w lewym górnym rogu płyty czołowej aplikacji.

Naciśnięcie przycisku opisanego jako:

SINGLE – uruchamia tryb obserwacji jednokrotnej, zakres podstawy czasu regulowany jest automatycznie. Wykorzystanie tej opcji zalecane jest po użyciu przycisku **Osc Off**.

Osc Off – uruchamia tryb obserwacji ciągłej (oscyloskopowej). Wykorzystanie tej opcji zalecane jest na okoliczność wstępnej analizy obserwowanych przebiegów w trakcie regulacji np. częstotliwości i/lub amplitudy przebiegów badanych.



Rys. 2. Przyciski „Single” i „Osc Off” uruchamiające dwa różne tryby obserwacji.

Poniżej panelu skojarzonego z przyciskami SINGLE oraz Osc Off/Osc On znajduje się pole dostarczające informacji o obserwowanych przebiegach. Ich znaczenie jest następujące:

Fp – częstotliwość próbkowania w Hz (parametr ten regulowany jest programowo, kryterium regulacji jest odpowiednio dobrana liczba pełnych okresów na ekranie – podstawa czasu)

Usk (we) – wartość skuteczna napięcia wejściowego w Voltach.

Usk(wy) – wartość skuteczna napięcia wyjściowego w Voltach.

K – wzmocnienie w V/V , wzmocnienie jest ilorazem wartości skutecznych napięcia wejściowego i wyjściowego.

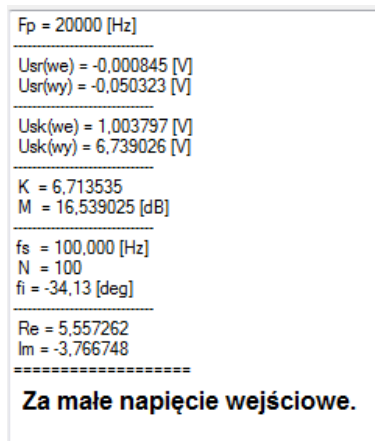
M – wzmocnienie w dB , jest to 20 logarytmów o podstawie dziesięć ze wzmocnienia K.

fs – częstotliwość przebiegu wejściowego w Hz.

fi – przesunięcie fazowe między przebiegiem wyjściowym i wejściowym w stopniach [deg]

Każdy pomiar parametrów K, fi musi być skojarzony z częstotliwością fs. Znaczenie parametrów **Usr(we)**, **Usr(wy)**, **Re**, **Im** jest marginalne.

W trakcie pomiarów charakterystyk amplitudowych logarytmicznych i fazowych Student ma za zadanie zapisywanie wartości parametrów: **fs**, **K** oraz **fi**.



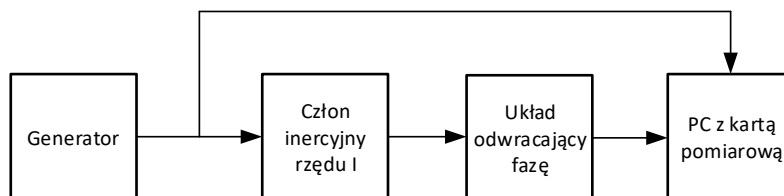
Rys. 3. Panel wyników pomiarów podstawowych parametrów niezbędnych do pomiaru charakterystyk badanych w ćwiczeniu.

Większą część ekranu zajmuje wykres przebiegów napięć wejściowego i wyjściowego. Z przebiegiem wejściowym skojarzona jest skala po lewej stronie (bliżej panelu z rys. 3.), z przebiegiem wyjściowym skojarzona jest skala po prawej stronie (bliżej prawej krawędzi płyty czołowej). Wyłączenie aplikacji realizowane jest po naciśnięciu przycisku **Exit**.

1.2. Przygotowanie stanowiska pomiarowego.

- a) Sprawdzić czy do wejścia karty USB 4711A są podłączone odpowiednio:
 - do wejścia AIO końcówka czerwona przewodu generatorowego (sygnał wejściowy)
 - do wejścia AGND końcówka żółta przewodu generatorowego (masa – wejście nr. 5 od prawej strony)
 - do wejścia AII przewód koloru czerwonego (sygnał wyjściowy)
 - do wejścia AGND (masa – wejście nr. 10 od prawej strony)
- Przewód ekranowany koloru szarego powinien być z jednej strony przyłączony do karty oraz z drugiej strony do wejścia USB komputera.

2. Pomiar charakterystyk członu inercyjnego rzędu I.



Rys. 4. Schemat funkcjonalny stanowiska do badania układu inercyjnego rzędu I.

2.1. Obserwacja odpowiedzi skokowej.

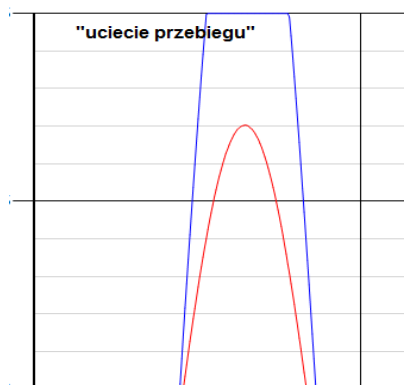
- a) Połączyć badany układ inercyjny wskazany przez prowadzącego, jego wyjście połączyć z układem odwracającym fazę, przed podaniem na wejście układu i karty DAQ napięcia wejściowego poprosić prowadzącego o sprawdzenie poprawności połączeń.
- b) Włączyć zasilanie układów badanych i generatora, na wyjściu generatora ustawić sygnał prostokątny o częstotliwości ok. 20 Hz.
- c) Wybrać przycisk **Osc Off** uruchamiający obserwację ciągłą przebiegu wejściowego i wyjściowego, ustalić wartość napięcia wejściowego tak, by na panelu z rys. 2. nie pojawiał się komunikat **Za mała amplituda generatora**. Opis użytego przycisku zmieni się na **Osc On**. Zaobserwować przebiegi, ponownie nacisnąć ten sam przycisk i uruchomić tryb obserwacji jednokrotnej przyciskiem **SINGLE**.
- d) Zarchiwizować zaobserwowany przebieg wykonując printscreena lub zrobić zdjęcie aparatem cyfrowym.

2.2. Pomiar charakterystyk częstotliwościowych.

- a) Ustawić częstotliwość generatora 10 Hz, przebieg sinusoidalny.
- b) W trybie oscyloskopowym (**Osc Off/Osc On**) lub trybie rejestracji pojedynczych przebiegów ustawić amplitudę napięcia wejściowego tak, by sygnały nie były zniekształcone (układy nie wchodziły w nasycenie) – patrz rysunek rys. 5.

c) Dla zadanych częstotliwości przebiegu wejściowego w tabeli 1 protokołu zapisywać wartości: częstotliwości f , wzmocnienia K oraz przesunięcia fazowego (wyj-wej) φ . W trakcie zmian częstotliwości przebiegu wejściowego należy cały czas śledzić kształt i poziom przebiegów. Przy większych częstotliwościach **zalecana jest regulacja wartości skutecznej napięcia wejściowego**.

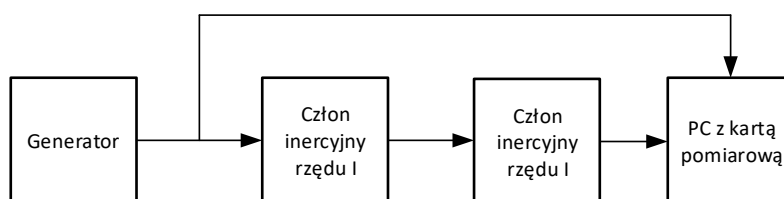
d) Podczas pomiarów ustawić częstotliwość generatora tak, by przesunięcie fazowe φ wynosiło -45° , wyniki zapisać w tabeli 2 protokołu.



Rys. 5. Przykład nasycenia przebiegu napięcia wyjściowego.

UWAGA: Przy zmianach częstotliwości wartość skuteczna napięcia wyjściowego – U_{wy} maleje. Spadek wartości skutecznej napięcia jest jednoznaczny ze zwiększeniem udziału szumów pomiarowych w sygnale pomiarowym a więc zmniejszeniem dokładności pomiaru charakterystyk.

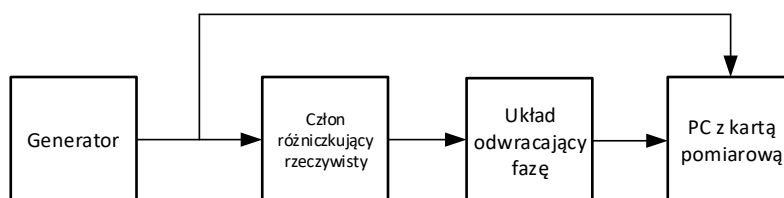
3. Pomiar charakterystyk członu inercyjnego rzędu II.



Rys. 6. Schemat funkcjonalny stanowiska do badania układu inercyjnego rzędu II.

- Połączyć kaskadowo 2 człony inercyjne wskazane przez prowadzącego oraz układ pomiarowy zgodnie z rys. 6.
- Zaobserwować odpowiedź skokową jak w p. 2.1.
- Pomierzyć charakterystyki częstotliwościowe jak w p. 2.2 (a-c). Wyniki zapisać w tabeli 3 protokołu.

4. Pomiar charakterystyk członu różniczkującego rzeczywistego.



Rys. 7. Schemat funkcjonalny stanowiska do badania członu różniczkującego rzeczywistego.

- Połączyć kaskadowo wskazany przez prowadzącego człon różniczkujący rzeczywisty, odwracający fazę oraz układ pomiarowy zgodnie z rys. 7.
- Zaobserwować odpowiedź skokową jak w p. 2.1.
- Pomierzyć charakterystykę częstotliwościową jak w p. 2.2 (a-c). Wyniki zapisać w tabeli 4 protokołu.

5. Wykonanie sprawozdania.

Sprawozdanie jest wykonywane w trakcie zajęć laboratoryjnych.

Większość sprawozdania jest wykonywana w arkuszu kalkulacyjnym Excel. Należy opracować i przedstawić zadane przez prowadzącego zadania.

Przykładowe zadania:

1. Utworzyć tabele z obliczeniami do wykreślenia charakterystyk częstotliwościowych (logarytmicznych amplitudowych, logarytmicznych fazowych oraz amplitudowo-fazowych) na podstawie pomiarów dla każdego z badanych członów (inercyjnego rzędu I, inercyjnego rzędu II, różniczkującego rzeczywistego). Obliczyć nachylenie charakterystyk amplitudowych na dekadę dla najmniejszych i największych częstotliwości.
2. Na podstawie pomiarów ustalić wzmocnienie statyczne i stałą czasową członu inercyjnego rzędu I oraz ustalić jego transmitancję.
3. Utworzyć tabelę z obliczeniami do wykreślenia charakterystyk częstotliwościowych: logarytmicznej amplitudowej, logarytmicznej fazowej oraz amplitudowo-fazowej na podstawie symulacji cyfrowej dla ustalonej transmitancji układu inercyjnego rzędu I. Obliczyć nachylenie charakterystyki amplitudowej na dekadę dla najmniejszych i największych częstotliwości.
4. Utworzyć jeden wspólny wykres z przebiegami 4 logarytmicznych charakterystyk amplitudowych dla badanych członów:
 - a. Inercyjny rzędu I (na podstawie pomiarów);
 - b. Inercyjny rzędu I (na podstawie wyników symulacji);
 - c. Inercyjny rzędu II;
 - d. Różniczkujący rzeczywisty.
5. Analogicznie jak w punkcie 4 utworzyć wykresy logarytmicznych charakterystyk fazowych.
6. Analogicznie jak w punkcie 4 utworzyć wykresy charakterystyk amplitudowo-fazowych.
7. Napisać wnioski (odręcznie) uwzględniające analizę charakterystyk częstotliwościowych oraz czasowych. Podać transmitancję układu inercyjnego rzędu I ustaloną w punkcie 2.

6. Przykładowe zagadnienia kontrolne.

- a) Chcemy wykreślić logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe w zakresie (10-1000)Hz. Dla jakich częstotliwości należy wykonać pomiary by uzyskać 3 punkty pomiarowe na dekadę i zapewnić rozkład zbliżony do równomiernego.
- b) Chcemy wykreślić logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe w zakresie (1-100)Hz. Dla jakich częstotliwości należy wykonać pomiary by uzyskać 6 punktów pomiarowych na dekadę i zapewnić rozkład zbliżony do równomiernego.
- c) Opisać najprostszą (tzn. bez wykorzystania komputera i przetwornika A/C) metodę wyznaczania charakterystyki amplitudowej i fazowej. Narysować schemat układu pomiarowego.
- d) Co to jest przesunięcie fazowe? Odpowiedź zilustruj rysunkiem.
- e) Oblicz odpowiednie wartości i wpisz w poniższej tabelce:

Częstotliwość F[Hz]	U wejściowe U _{we} [V]	U wyjściowe U _{wy} [V]	Opóźnienie Δt[ms]	Okres T[ms]	Wzmocnienie K[V/V]	Wzmocnienie M[dB]	przesunięcie fazowe Δφ[°]
50	10	1	-5				
200	0,1	10	-1				

- f) Narysować logarytmiczną charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową układu inercyjnego rzędu I.
- g) Narysować logarytmiczną charakterystykę fazową układu całkującego rzeczywistego.
- h) Narysować charakterystykę skokową układu różniczkującego rzeczywistego.
- i) Narysować charakterystykę amplitudowo-fazową układu inercyjnego rzędu II.
- j) Dla danego układu inercyjnego rzędu I zmierzono następujące parametry charakterystyki częstotliwościowej. Obliczyć parametry i podać transmitancję operatorową układu.

F [Hz]	0	100	1000
φ [°]	0	-45	-89
K [V/V]	5	3,53	0,035