

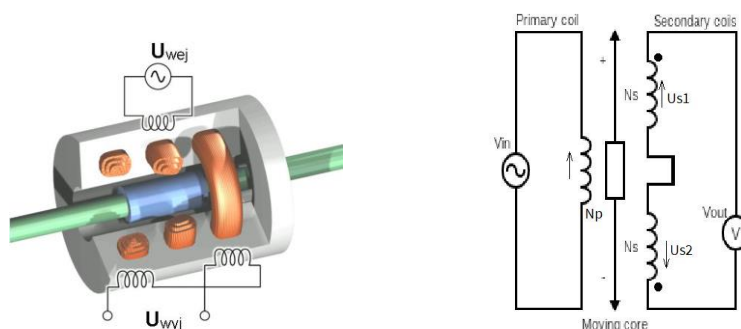
Sensory przesunięć liniowych

Cel ćwiczenia

Poznanie właściwości indukcyjnościowych sensorów przemieszczeń liniowych. Realizacja typowych układów pracy, oraz sprawdzenie wpływu parametrów zasilania na pracę sensora LVDT (ang. Linear Variable Differential Transformer). Analiza charakterystyk amplitudowych i fazowych sensora przemieszczeń liniowych w warunkach normalnej pracy.

1. Wstęp

Indukcyjnościowe sensory przesunięcia przetwarzają liniową lub kątową zmianę przesunięcia na zmianę indukcyjności własnej lub wzajemnej obwodu magnetycznego. Sensory te można podzielić na sensory: dławikowe, wiroprowadowe, selonoidalne, magnetosprężyste i megnetoindukcyjne. W ćwiczeniu badany jest czujnik różnicowy transformatorowy (ang. Linear Variable Differential Transformer). Struktura tego czujnika przedstawiona jest na rysunku 1. Zbudowany on jest z jednego uzwojenia pierwotnego, dwóch uzwojenii wtórnych których końce są zwarte, oraz ruchomego rdzenia z materiału magnetycznego.



Rys. 1. Struktura czujnika LVDT i jego schemat elektryczny

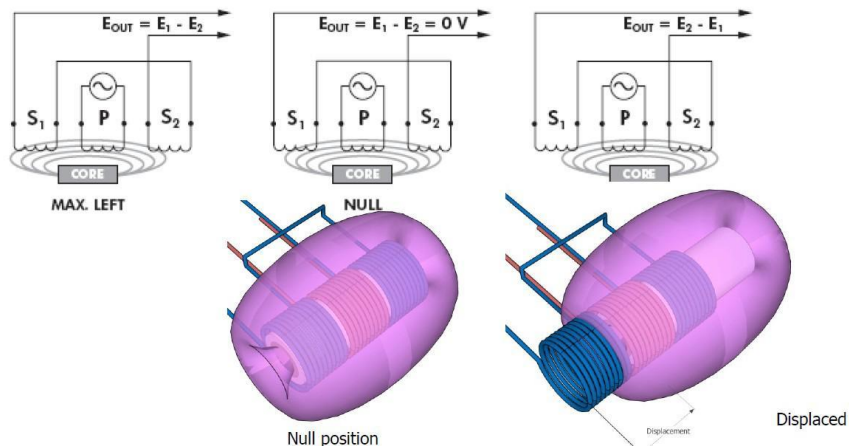
Sensor zasilany jest sygnałem napięciowym o częstotliwość zależnej od budowy. Zwykle częstotliwość zasilania mieści się w przedziale od 100 do 10kHz. Sygnał wyjściowy jest różnicą napięć na uzwojenia wtórnych.

$$V_{out} = U_{s1} - U_{s2}$$

V_{out} - napięcie wyjściowe

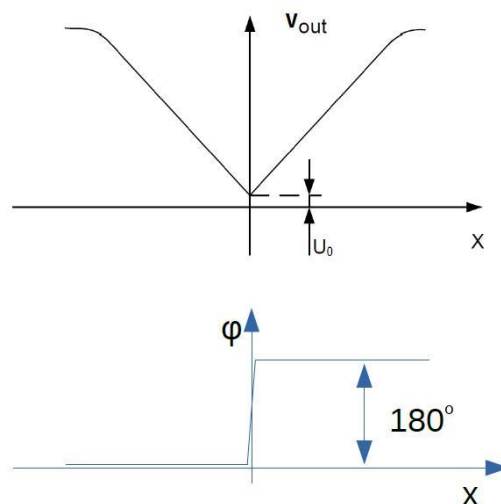
U_{s1} , U_{s2} - napięcie indukowane na uzwojeniach wtórnym

Gdy rdzeń jest dokładnie w położeniu centralnym ten sam strumień magnetyczny przenika oba uzwojenia wtórne, co powoduje indukowanie się na nich takiego samego napięcia co do wartości ale odwróconych w fazie. W związku z różnicą napięć wyjściowych w położeniu centralnym. Gdy rdzeń przesunie się w stronę uzwojenia s2 strumień magnetyczny przecinający to uzwojenie będzie większy niż przecinający uzwojenia s1 co spowoduje niezerowy sygnał na wyjściu. Sytuację to obrazują rysunek 2



Rys. 2. Zasada pracy czujnika transformatorowego LVDT

Sensor ten cechuje się bardzo wysoką liniowością i rozdzielczością pomiaru związaną tylko z możliwościami urządzenia pomiarowego. Charakterystyka przetwarzania odpowiadająca jej charakterystyka fazowa widoczna jest na rysunku 3.



Rys. 3. Charakterystyki czujnika LVDT

2. Przebieg ćwiczenia

Zadaniem studentów jest samodzielne zestawieni układów pomiarowych oraz wykonanie pomiarów i zebranie charakterystyk zgodnie z programem ćwiczenia, jak również opracowanie sprawozdania końcowego z przygotowaniem odpowiedzi na pytania postawione w poniższej instrukcji.

Uwaga: Po zestawieniu układu pomiarowego, przed przystąpieniem do dalszej pracy konieczne jest sprawdzenie i akceptacja układu pomiarowego przez prowadzącego zajęcia laboratoryjne.

2.1 Stanowisko pracy

Do realizacji ćwiczenia przeznaczone jest stanowisko wyposażone w:

- Panel pomiarowy z czujnikiem różnicowy transformatorowy PSx10 oraz odseparowanym układem prostownika fazoczułego
- Generator
- Multimetr laboratoryjny
- Analizator transmitancji
- Komputer PC z oprogramowaniem pozwalającym na przedstawienie wyników pomiarów w sposób graficzny oraz wspomagającym wykonanie sprawozdania końcowego.
- Instrukcje wykonania ćwiczenia

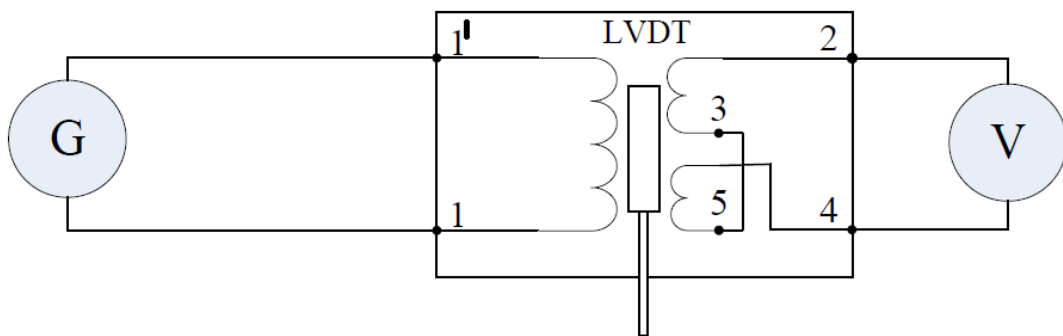
2.2 Wyznaczenie charakterystyki przetwarzania czujnika transformatorowego

Podstawowa charakterystyka przetwarzania czujnika transformatorowego przedstawia zależność wartości napięcia wyjściowego w funkcji zmiany położenia. W celu wyznaczenie charakterystyki należy zestawić przyrządy pomiarowe oraz czujnik zgodnie z schematem przedstawionym na rysunku 2. W ćwiczeniu czujnik transformatorowy będzie pracował w układzie różnicowy, w związku z czym należy zewrzeć końce uzwojeń wtórnych transformatora tak jak jest to przedstawione na schemacie.

O ile prowadzący nie zaleci inaczej sygnał wejściowy czujnika ma mieć następujące parametry:

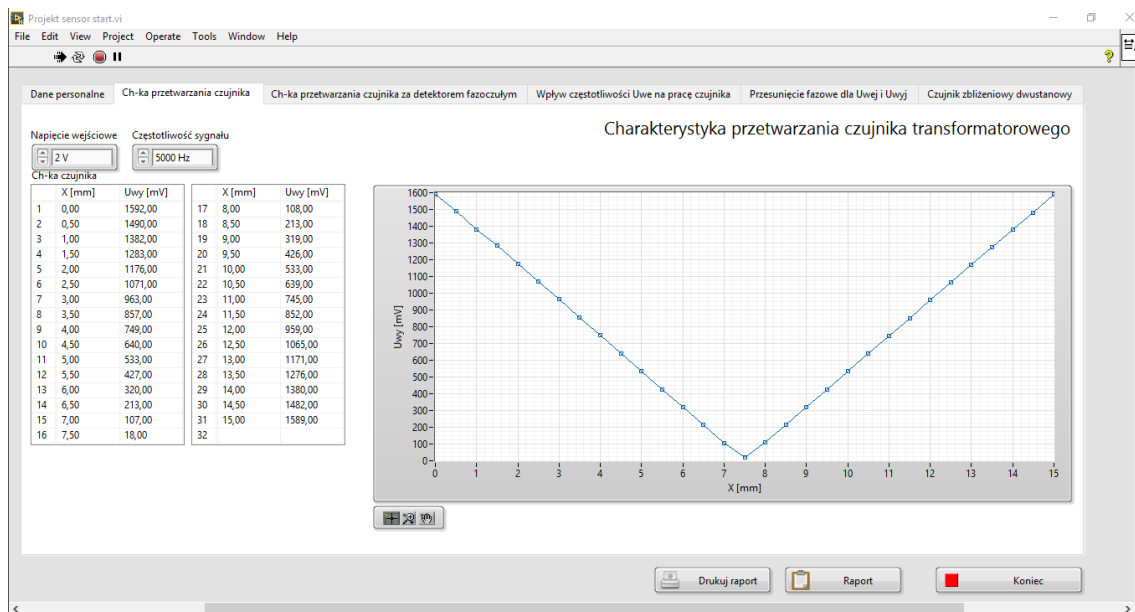
- kształt sinusoidalny,
- wartość międzyszczytowa z zakresu U_{pp} (5 - 6)V
- częstotliwość sygnału 5000 Hz.

Aby dokładność pomiarów była wystarczająca do otrzymania miarodajnych wyników zarówno wartość napięcia jak i częstotliwość sygnału powinny być stale monitorowane i w razie konieczności regulowane.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do wyznaczenia charakterystyki przetwarzania czujnika transformatorowego, różnicowego LVDT

Oprogramowanie wspomagające prace przy badaniu parametrów czujnika indukcyjnościowego ma postać wirtualnego przyrządu stworzonego w środowisku LabView. Uruchomienie następuje za pośrednictwem ikony umieszczonej na pulpicie. Włączenie aplikacji wykonuje się poprzez naciśnięcie strzałki w lewy górny róg. Po wprowadzeniu danych osobowych należy wybrać zakładkę umożliwiającą wprowadzenie danych do wyznaczenia charakterystyki przetwarzania $U_{wy}=f(X)$.



Rys. 3. Widok zakładki do wyznaczenia charakterystyki przetwarzania

W celu wyznaczenia charakterystyki należy:

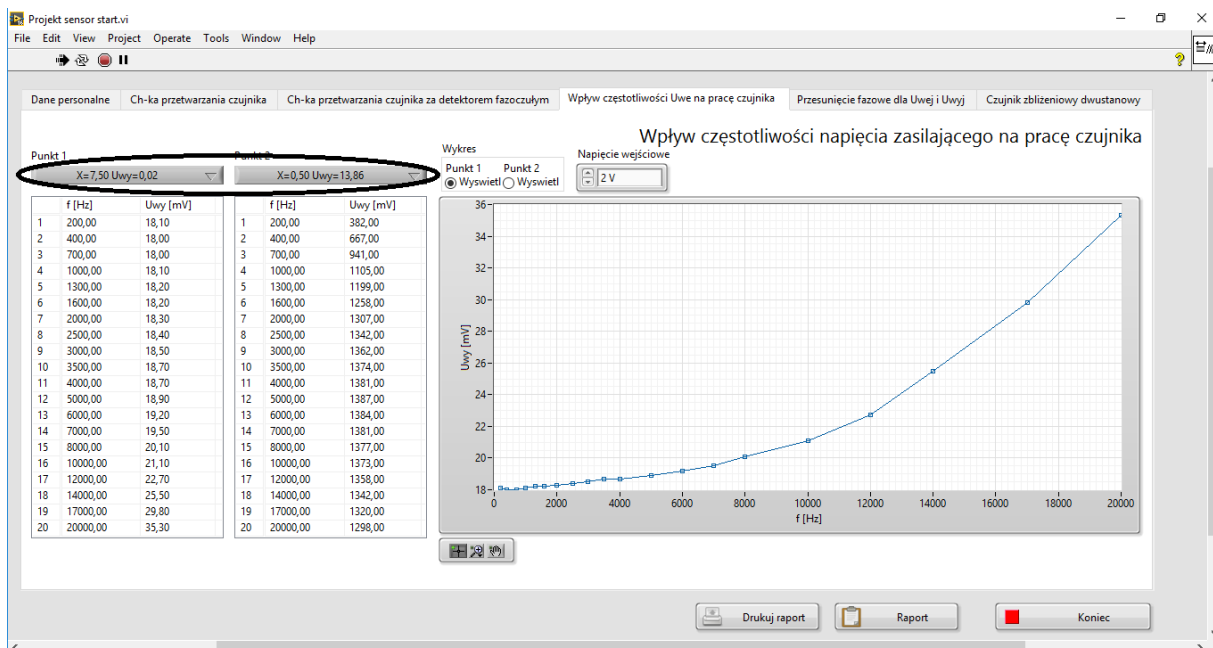
- Zapisać dane zasilania przetwornika (U_{we} i f) w aplikacji
- Za pomocą mikrometru używając pokrętki ze sprzęgłem ustawić rdzeń transformatora w jedno ze skrajnych położen;
- Zebrać charakterystykę metodą punkt po punkcie. Wartości przesunięcia mogą być podawane w formacie bezwzględny jako odczyt wielkości z mikrometru
- Rozdzielczość w przesunięciu powinna znajdować się w przedziale od 0,5 do 1 mm.
- Koniecznym jest wykonanie pomiaru dla przesunięcia X_0 odpowiadającego napięciu U_0 (przesunięcie, przy którym wartość U_{wy} jest minimalna). Wartość tą należy wyznaczyć z możliwie największą dokładnością gdyż jest ona istotna w dalszych pomiarach;
- Charakterystyka ma się składać z 32 punktów.
- Po wykonaniu pomiarów i wpisaniu ich do formularza, istnieje możliwość zapisania aktualnych danych w raporcie poprzez naciśnięcie przycisku raport
- **Po wyznaczeniu charakterystyki należy włączyć sygnał z generatora**

Pytania:

1. Czy uzyskana charakterystyka jest poprawna – jeśli nie, pomiary należy powtórzyć?
2. Dlaczego uzyskana charakterystyka odbiega od charakterystyki idealnej przetwornika LVDT, co można zrobić aby zbliżyć charakterystykę do idealnej?
3. Jakie informacje niesie powyższa charakterystyka, co dzięki niej można określić?

2.3 Wpływ częstotliwości napięcia zasilającego na pracę czujnika

Następnym punktem realizowanym w ćwiczeniu jest zbadanie wpływu częstotliwości napięcia zasilania na pracę czujnika indukcyjnościowego. W tym celu należy wyznaczyć dwie charakterystyki $U_{wy} = f(f_{zas}) / X = constans$. Przy dwóch charakterystycznych położeniach rdzenia. Jednym z położeniach musi być położenie X_0 drugi punkt powinien znajdować się przy krańcu zakresu pomiarowego (w odniesieniu do charakterystyki przetwarzania). Powyższe punkty wybiera się za pomocą panelu przedstawionego na rysunku 4.



Rys. 4. Zakładka do wyznaczenia charakterystyki $U_{wy} = f(f_{zas})$, z zaznaczonym menu wyboru położenia rdzenia.

O ile prowadzący nie zaleci inaczej, aby wyznaczyć charakterystykę $U_{wy} = f(f_{zas}) / X = constans$ należy:

- Zestawić układ pomiarowy zgodnie z schematem przedstawionym na rysunku nr 2;
- Za pomocą mikrometru ustawić wcześniej wybrane położenie X rdzenia;
- Ustawić wartość międzyszczytową napięcia wyjściowego z przedziału U_{pp} (6 – 8) V;
- Zmieniać zakres częstotliwości sygnału z generatora w zakresie 500 – 10000 Hz;
- Charakterystyka ma się składać z 16 punktów,
- Powtórzyć charakterystykę dla drugiego z wybranych punktów
- Po wykonaniu charakterystyk należy zapisać wyniki naciskając przycisk Raport.
- **Wylączyć generator jako pierwszy przed rozłączeniem obwodu**

Pytania

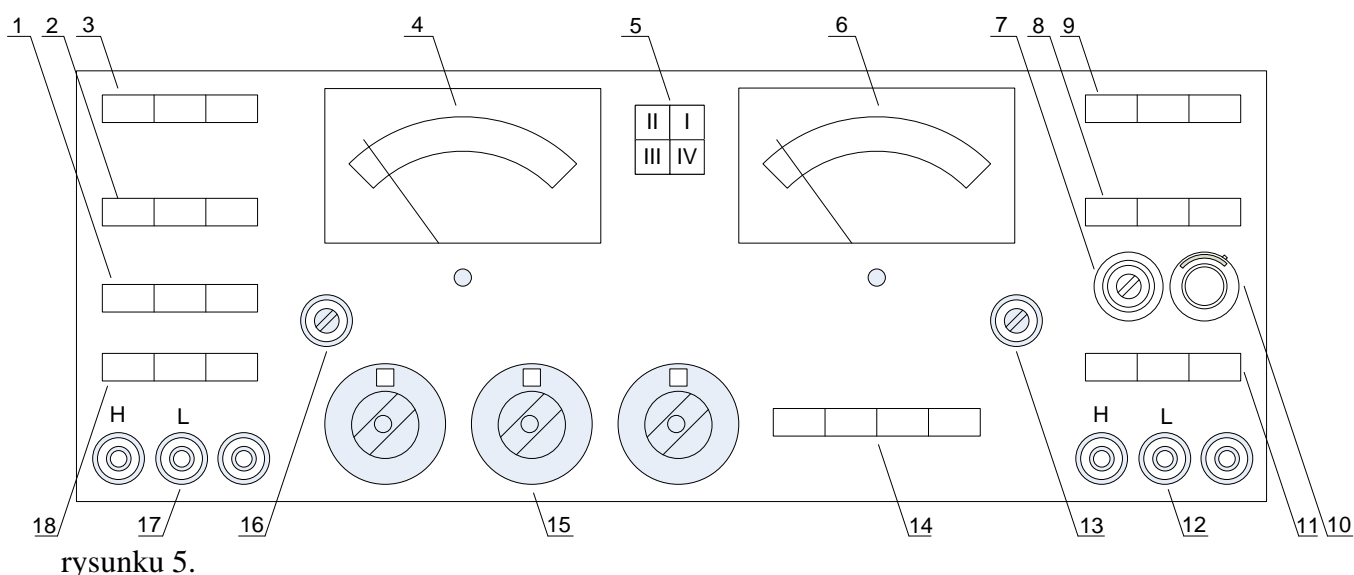
1. Czy w czasie normalnej pracy częstotliwość sygnału zasilającego czujnik ulega zmianie?
2. Czy na podstawie zebranych charakterystyk istnieje możliwość wyznaczenia przedziału częstotliwości zasilania, w którym czujnik będzie posiadał najkorzystniejsze parametry?

Po wyznaczeniu charakterystyki dla obu wybranych punktów należy przejść do następnego punktu

2.4 Analiza transmitancji przetwornika LVDT, wyznaczenie zależności kąta przesunięcia fazowego między U_{we} a U_{wy}

Do wyznaczenia zależności kąta przesunięcia fazowego w ćwiczeniu został użyty analizator transmitancji typu 272. Przyrząd ten jest wyposażony w generator oraz układ woltomierzy fazoczułych pozwalających na analizę transmitancji poprzez rozdzielenie i sygnału wejściowego na układ woltomierzy toru R (dziedzina liczb rzeczywistych) i toru Q (dziedzina liczb urojonych).

Płyta przednia przyrządu z opisem najważniejszych elementów została przedstawiona na



Rys. 5. Płyta czołowa analizatora transmitancji typu 272

Opis elementów regulacyjnych znajdujących się na płycie czołowej

1. 10mV, 1V, 100V – przełącznik zakresów czułości odpowiadający pełnemu wychyleniu mierników 4 i 6.
2. D.C., A.C., GENER OUTPUT MEASURE – przełączniku rodzaju wejścia oraz pomiar napięcia wyjściowego generatora:
 - a. Gdy klawisze D.C. i A.C. znajdują się w położeniu spoczynkowym, sygnał wejściowy jest przekazywany na wejście przedwzmacniacza przez kondensator o pojemności $0,1\mu\text{F}$. Ten przypadek sprzężenia dla sygnałów przemiennych może być wykorzystany dla częstotliwości większych niż 10Hz.
 - b. Wciśnięcie klawisza D.C. zapewnia odpowiednie sprzężenie dla sygnałów nie zawierających składowej stałej.
 - c. Wciśnięcie klawisza A.C. zapewnia odpowiednie sprzężenia dla sygnałów w zakresie od 0,01Hz do 100Hz w przypadku istnienia składowej stałej w sygnale.
 - d. Wciśnięcie klawisza GENER. OUTPUT MEASURE umożliwia pomiar napięcia wyjściowego generatora bez konieczności dokonywania przełączeń w zewnętrznym układzie pomiarowym.
3. MAINS, R,Q, EXPANDER;
 - a. MAINS – włącznik i wyłącznik zasilania sieci.
 - b. R,Q, EXPANDER – wciśnięcie jednego z wymienionych klawiszy powoduje dziesięciokrotne zwiększenie czułości toru R lub Q
4. Miernik toru R.
5. Wskaźnik ćwiartki – wskaźnik żarówkowy, określający ćwiartkę, w której znajduje się wektor mierzonego sygnału w układzie współrzędnych prostokątnych.
6. Miernik toru Q.
7. AMPLITUDE/PEAK/ regulacja amplitudy sygnałów wyskalowana orientacyjnie w wartościach szczytowych.
8. Przełącznik rodzaju sygnału wyjściowego, gdy wszystkie klawisze są w położeniu spoczynkowym wyjściowy sygnał przemienny jest równy zero.
9. 0,8Hz; 8mHz; x0,1 – SELECTIVITY – przełącznik selektywności obu torów R i Q.
Przed włączeniem zasilania przyrządu należy sprawdzić czy klawisz 0,8Hz jest wciśnięty.
10. D.C.COMP. – regulacja składowej stałej.

11. 0dB, -20dB, -40dB – przełączniki tłumika sygnału wyjściowego generatora dla składowej zmiennej i stałej. Gdy wszystkie klawisze są w położeniu spoczynkowym tłumienie sygnału wynosi -60dB.
12. Zaciski wyjściowe sygnału z generatora.
13. Zerowanie toru Q.
14. 10 kHz, 1 kHz, 100 Hz, 10 Hz – przełącznik podzakresów częstotliwości.
15. Obrotowe nastawy częstotliwości.
16. Zerowanie toru R.
17. Zaciski wejściowe układu pomiarowego.
18. 10mV, 1V, 100V – przełącznik zakresów czułości odpowiadający pełnemu wychyleniu wskazówek mierników.

Przed przystąpieniem do pracy analizator transmitancji musi zostać odpowiedni skalibrowany.

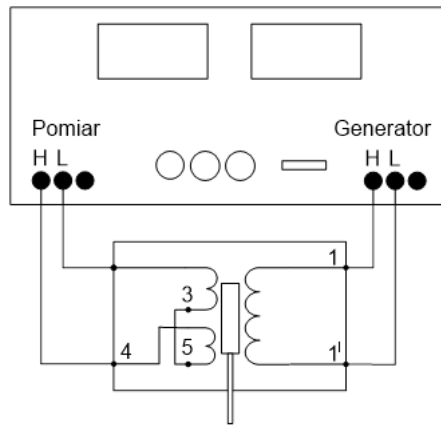
Przygotowanie przyrządu do pracy należy przeprowadzić zgodnie poniższym opisem

- Sprawdzić czy ustalenie przełącznika zasilania odpowiada napięciu lokalnej sieci.
- Sprawdzić czy jest wciśnięty klawisz 0,8Hz przełącznika SELECTIVITY.
- Włączyć zasilanie klawiszem MAINS. Żarówki wskaźnika ćwiartki i pokręteł nastaw częstotłościomierza powinny się świecić.
- Ustalić żadaną częstotliwość za pomocą pokręteł dekadowych i czteroklawiszowego przełącznika zakresów częstotliwości.
- Odczekać kilka minut na ustabilizowanie się warunków pracy przyrządu.
- Sprawdzić zerowanie mierników wychyłowych przy wciśniętym klawiszu GENER.OUTPUT MEASURE. Klawisze przełącznika rodzaju sygnału powinny znajdować się w położeniu spoczynkowym. Po poprawnym wyzerowaniu mierników żarówki wskaźnika ćwiartki powinny migotać lub świecić się równocześnie.
- Nacisnąć klawisz odpowiadający za kształt fali sinusoidalnej i za pomocą regulacji AMPLITUDE i przełącznika tłumika wyjściowego ustalić żądane napięcie wejściowe
- Sprawdzić czy pokrętko D.C.COMP. znajduje się w położeniu zerowym lub ustawić żadaną wartość składowej stałej. Obrót tego pokrętko w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara powoduje pojawienie się dodatniej składowej stałej na zacisku H w stosunku do zacisku L.

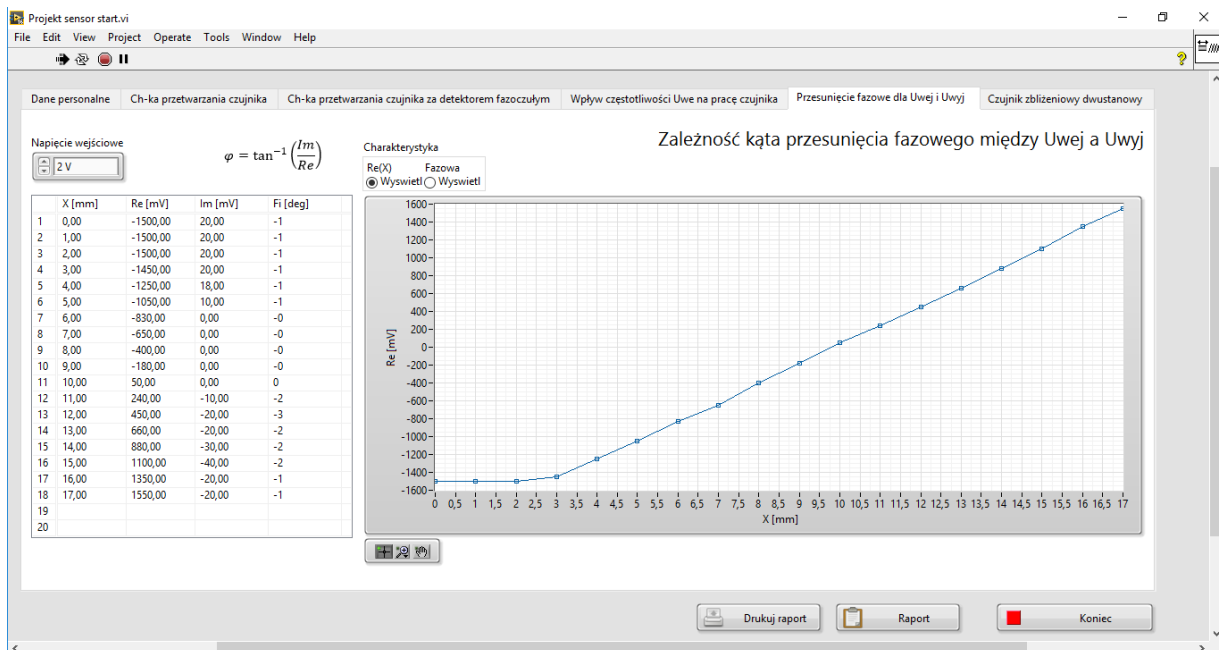
- Połączyć wyjście generatora z badanym układem i doprowadzić sygnał z wyjścia układu do wejścia przyrządu. Wskazania wskaźnika ćwiartki będą poprawne tylko wówczas gdy sygnał z zacisku H zostanie doprowadzony po przejściu przez badany układ do zacisku wejściowego H . To samo dotyczy zacisków L. W przypadku skrzyżowania połączeń do wskazań wskaźnika ćwiartki należy dodać lub odjąć 180° w celu poprawnego ustalenia w badanym układzie przesunięcia fazy.
- Dobrać właściwy zakres czułości i zwolnić klawisz GENER. OUTPUT MEASURE. Ponownie wyzerować miernik zwalniając klawisz odpowiadający za kształt fali sinusoidalnej.
- Obwód wejściowy miliwoltomierzy oraz mierniki wychyłowe są zabezpieczone elektronicznie przed przeciążeniem. Obwód wejściowy jest zabezpieczony bezpiecznikiem topikowym, który może ulec przepaleniu w przypadku przyłożenia do zacisków wejściowych napięcia większego niż 15V ze źródła o małej rezystancji przy czułości 10 lub 30 mV. Mierniki wychyłowe zabezpieczone są za pomocą układów elektronicznych ograniczających przeciążenie na poziomie 115% pełnego wychylenia.

Po skalibrowaniu analizatora można przejść do dalszych badań. W celu wyznaczenia zmian kąta przesunięcia fazowego (miedzy U_{we} a U_{wy}) w funkcji przesunięcia rdzenia czujnika należy:

- Zestawić układ pomiarowy zgodnie z rysunkiem 6;
- Wybrać falę sinusoidalną jako kształt sygnały wyjściowego z generatora;
- Ustawić amplitudę sygnału wyjściowego na 5V;
- Sprawdzić wyzerowanie analizatora wciskając przycisk GENER. OUTPT MEASURE;
- Ustawić trzpień połączony z rdzeniem czujnika LVDT w skrajne położenie;
- Zebrać charakterystykę metodą punkt po punkcie – przyjąć rozdzielczość przesunięcia 1mm;
- Wykonać pomiar dla przesunięcia X_0 ;
- Charakterystyka mam się składać z 16 punktów.
- Wyniki pomiarów notować i wpisywać do panelu wspomagającego wyznaczenie charakterystyk przedstawionego na rysunku 7.
- Zapisać dane i przejść do następnego punktu w ćwiczeniu
- **Wyłączyć analizator przed rozłączeniem obwodu.**



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego do analizy transmitancji czujnika LVDT



Rys. 7. Panel wspomagający analizę transmitancji i wyznaczenie charakterystyki

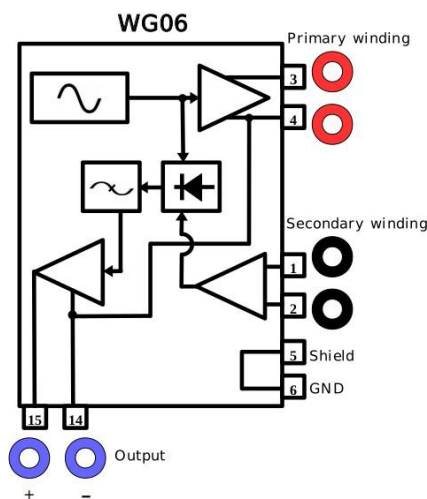
$$\phi=f(X) \text{ Re}=f(X)$$

Pytania:

1. Uzasadnić kształt uzyskanych charakterystyk.
2. Jaką informację niosą wyznaczone charakterystyki?
3. Czy znane ci są inne „urządzenia , układy” pozwalające wyznaczyć zależność między fazą napięcia wejściowego a wyjściowego.
4. Jakie elementy powinny wchodzić w skład kompletnego przyrządu do pomiaru przemieszczeń liniowych opartego na przetworniku LVDT? Zaproponuj schemat blokowy.

2.5 Wyznaczenia charakterystyki przetwarzania z dedykowanym wzmacniaczem i detektorem fazoczułym WG06

Przetworniki transformatorowy należy podłączyć do detektora fazoczułego zgodnie z oznaczeniami na panelu pomiarowych Rys. 8.



Rys. 8. Opis zacisków detektora fazoczułego WG06

W celu wyznaczenia charakterystyki należy

- Włączyć zasilanie detektora WG06
- Ustawić rdzeń w skrajne położenie za pomocą mikrometru
- Zebrać charakterystykę przetwarzania $U_{wy}=f(X)$
- Przyjąć rozdzielczość zmiany przesunięcia 0,5mm
- Charakterystyka powinna składać się z 32 punktów
- Zapisać wyniki naciskając przycisk Raport
- **Wyłączyć zasilanie wzmacniacza przed rozłączeniem obwodu**

3. Sprawozdanie

W zależności od zaleceń prowadzącego w sprawozdaniu powinny się znaleźć

- Schematy układów pomiarowych;
- Wyniki pomiarów;
- Wydrukowane charakterystyki;
- Odpowiedzi na pytania zawarte w instrukcji;
- Wnioski własne i spostrzeżenia.
- Charakterystyki zapisane są w folderze Reports

Po wykonaniu sprawozdania należy wyłączyć przyrządy pomiarowe i komputer, oraz rozłączyć układ pomiarowy. Sprawozdanie przekazać prowadzącemu zajęcia laboratoryjne.