



**KATEDRA MECHANIKI I PODSTAW KONSTRUKCJI MASZYN
POLITECHNIKA OPOLSKA**

MECHATRONIKA

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

Badanie czujnika przemieszczeń liniowych

Opracował: Dr inż. Roland Pawliczek

Opole 2017

Publikacja na prawach rękopisu

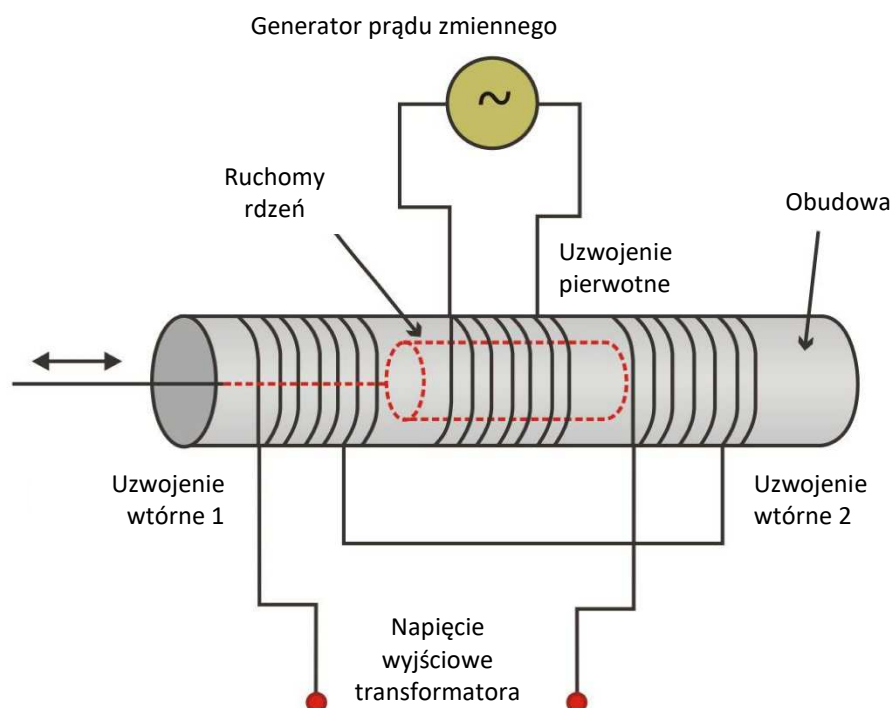
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową i zasadą działania indukcyjnego czujnika LVDT do pomiaru przemieszczeń liniowych. Zakres ćwiczenia obejmuje przeprowadzenie pomiarów niezbędnych do zbudowania charakterystyki czujnika oraz określenie czułości i zbadanie liniowości charakterystyki.

2. Budowa i zasada działania indukcyjnego czujnika przemieszczeń liniowych

Zadaniem czujnika jest zamiana mierzonej wielkości fizycznej na sygnał elektryczny, zwykle napięciowy, przy czym odwzorowanie to musi być jednoznaczne, niezmiennie i zależne tylko od wielkości mierzonej. Zamiana na sygnał elektryczny odbywa się przy wykorzystaniu różnych zjawisk fizycznych wywołujących w elektrycznych układach pomiarowych zmiany parametrów prądu możliwych do zmierzenia, np. odpowiednie spadki napięcia.

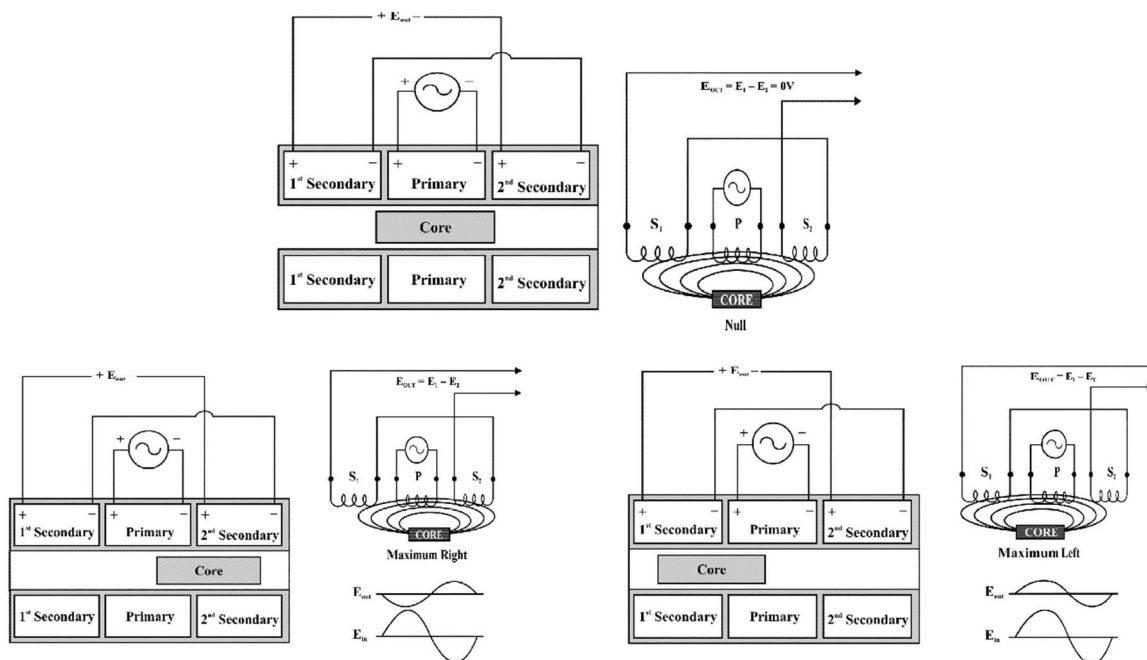
W przypadku czujników indukcyjnych wykorzystuje się zjawisko wzajemnego oddziaływania pól magnetycznych na elementy indukcyjne w układzie pomiarowym. W transformatorach różnicowych zwanych również czujnikami LVDT (Linear Variable Differential Transformer) wielkość zmieniająca się pod wpływem przemieszczenia jest indukcyjność wzajemna pomiędzy uzwojeniem pierwotnym a uzwojeniami wtórnymi. Zmianę indukcyjności wzajemnej w czujnikach LVDT uzyskuje się poprzez ruchome rdzeń sprzęgający magnetycznie uzwojenia czujnika. Czujnik LVDT składa się z uzwojenia pierwotnego, dwóch uzwojeń wtórnych oraz ruchomego rdzenia ferromagnetycznego. Budowę transformatora różnicowego przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Budowa czujnika LVDT

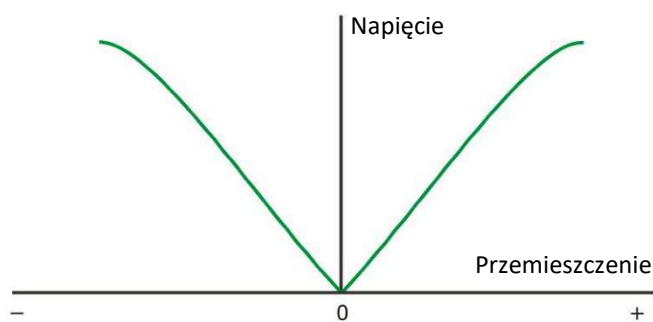
Uzwojenie pierwotne typowego transformatora różnicowego zasilane jest napięciem przemiennym o częstotliwości z zakresu od 50Hz do 20kHz. Uzwojenia wtórne posiadają identyczną liczbę zwojów oraz podobny rozkład zwojów. Przeważnie uzwojenia wtórne połączone są końcami lub początkami cewek tak by indukowane w nich napięcie się kompensowało. Takie połączenie uzwojeń umożliwia określenie centralnego położenia rdzenia ferromagnetycznego, przy którym napięcie wyjściowe U wynosi 0. W zależności od wartości i kierunku przemieszczenia rdzenia będzie się zmieniała indukcyjność wzajemna uzwojeń wtórnych i pierwotnego. W przypadku położenia środkowego napięcia na obu uzwojeniach wtórnych będą jednakowe, co skutkuje napięciem pomiarowym równym zero.

Jeżeli nastąpi przeszczenie rdzenia różne napięcia na uzwojeniach wtórnych powodują powstawanie sygnału w którym zmienia się amplituda i przesunięcie fazowe (Rys. 2). Faza napięcia wyjściowego ulega zmianie przy przejściu rdzenia pomiarowego przez położenie środkowe.



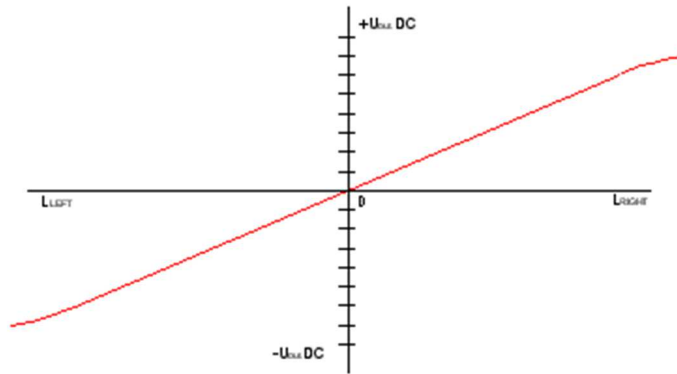
Rys.2. Połączenie uzwojeń transformatora różnicowego

Zależność pomiędzy sygnałem wyjściowym a przeszczeniem rdzenia pomiarowego jest przedstawiona na Rys. 3.



Rys.3. Przebieg zmian napięcia

Charakterystyka nie jest jednoznaczna i pomiar tylko napięcia nie pozwala identyfikować kierunku przeszczenia. Konieczne jest uwzględnienie zmiany przesunięcia fazowego. W układach pomiarowych zadanie to jest realizowane przez odpowiednie układy przetwarzające, tak zwane kondycjonery, które pozwalają na uzyskanie właściwej postaci charakterystyki (Rys. 4). Należy również zwrócić uwagę, że w skrajnych położeniach rdzenia znacząco pogarszają się warunki wzajemnego oddziaływania uzwojeń, co skutkuje utratą liniowości charakterystyki.

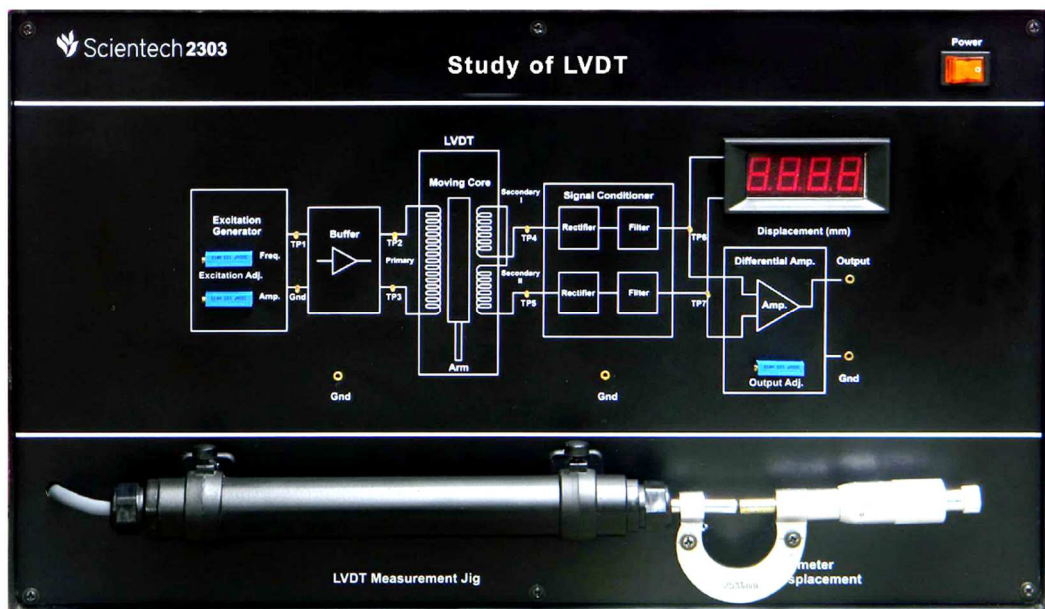


Rys. 4. Charakterystyka czujnika

Zakres mierzonych przemieszczeń za pomocą transformatorów różnicowych może się zawierać w kilku μm do kilku cm, przy czym niepewność pomiaru jest rzędu 0,1-1% zakresu pomiarowego czujnika. Charakterystyczną wielkością każdego czujnika transformatorowego jest czułość pomiaru, która opisuje zmianę napięcia wyjściowego od przemieszczenia. Wielką zaletą czujników LVDT jest ich trwałość. W porównaniu z czujnikami potencjometrycznymi transformatory różnicowe nie posiadają fizycznego połączenia rdzenia z cewkami przez co znacznie wydłuża się żywotność takiego czujnika.

3. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy stanowi zestaw Scientech 2303 wyposażony w czujnik przemieszczeń liniowych, mikrometr do zadawania przemieszczenia oraz wyświetlacz prezentujący wynik pomiaru. Na panelu (Rys. 5) przedstawiony jest również schemat układu pomiarowego wraz z dodatkowymi punktami pomiarowymi TP1÷TP7 umożliwiającymi pomiar sygnałów, np. uzwojenia pierwotnego, wtórnego.



Rys. 5. Panel czołowy zestawu Scientech 2303

Podstawowe parametry:

Zakres pomiarowy czujnika : 20 mm (± 10 mm)

Częstotliwość generatora zasilającego : 4 KHz

Napięcie zasilania : 4V

Czułość : 10mV/mm

Zakres mikrometru : 25 mm

Podziałka mikrometru : 0,01 mm

Przesunięcie zadawane jest za pomocą śruby mikrometrycznej o podziałce 0,01mm w zakresie od 0 do 20 mm. Aktualna wartość przesunięcia czujnika podawana jest na wyświetlaczu cyfrowym. Położenie środkowe śruby mikrometrycznej (10mm) odpowiada punktowi 0 wskazywanego przez czujnik położenia. Zmieniając położenie czujnika w zakresie od -10mm do +10mm napięcie wyjściowe U_{out} na zaciskach zmienia się w granicach około -0,1V do +0,1V

Odczytu wskazań mikrometru dokonuje się na tulei i bębnie śruby mikrometrycznej.

Ponieważ pomiary będą się odbywać dla ściśle określonych przesunięć praktycznie należy ustawiać „0” na bębnie tak, aby pokrywał się z linią na tulei.

UWAGA: obrót bębna można wykonać tylko i wyłącznie za pomocą pokrętła sprzęgiełka!



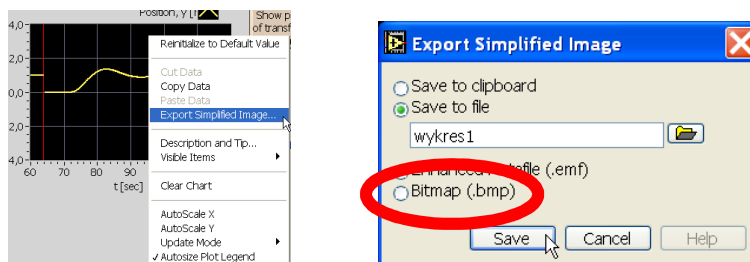
Obserwacja sygnałów odbywa się za pomocą dedykowanego programu uruchamianego za pomocą środowiska LabVIEW. Interfejs użytkownika jest przedstawiony na Rys. 6.



Rys. 6. Interfejs użytkownika

Zasadniczym parametrem jest napięcie wyjściowe U_{out} , które jest napięciem różnicowym pomiędzy poszczególnymi cewkami wtórnymi. Wielkość ta służy do wyznaczenia charakterystyki czujnika. Wartość napięcia jest pokazywana na wskaźniku wychylnym oraz wyświetlaczu jako wartość uśredniona pomiaru pokazanego na wykresie poniżej. Dodatkowo na oddzielnych wykresach można obserwować sygnały w uzwojeniu pierwotnym i uzwojeniach wtórnych. Ich częstotliwość wynosi około 4kHz, wyraźnie można zauważyć przesunięcie fazowe przebiegów.

Możliwe jest zapisanie wykresów w postaci plików graficznym BMP. Wykresy mogą być zapisane na dysku za pomocą menu kontekstowego (Rys. 7), które wywoływane jest za pomocą kliknięcia **prawym klawiszem myszki** na wykresie. Zapis **na dysk** odbywa się za pomocą opcji **Export/Export Simplified Image.../ Save to file** i podaniu nazwy i lokalizacji dla zapisywanego obrazu.



Rys. 7. Zapis wykresu do pliku graficznego

4. Przebieg ćwiczenia

Podczas pomiarów należy w odpowiedniej tabeli zanotować odczyt ze śruby mikrometrycznej, wartość przemieszczenia czujnika z wyświetlacza cyfrowego oraz wartość napięcia wyjściowego U_{out} odczytanego z wyświetlacza cyfrowego programu

UWAGA: W czasie pomiarów obserwować wykresy przebiegów napięć na uzwojeniu pierwotnym i wtórnym.

Badanie charakterystyki:

- Sprawdzić położenie zerowe czujnika przemieszczenia. Ustawić śrubę mikrometryczną w położeniu 10, przemieszczenie czujnika powinno wynosić 0. Skorygować ewentualny błąd za pomocą śruby regulacyjnej.
- Ustawić śrubę mikrometryczną w położeniu 0, odczytać przemieszczenie czujnika i wartość napięcia wyjściowego. Wyniki zapisać w tabeli.
- Ustawić mikrometr w kolejnych pozycjach zgodnie z danymi w tabeli i dokonywać odczytów.

Badanie czułości:

- Ustawić mikrometr w takim położeniu, aby wyświetlacz wskazywał położenie czujnika $L_5=5\text{mm}$, dokonać odczytu napięcia U_5 .
- Ustawić mikrometr w takim położeniu, aby wyświetlacz wskazywał położenie czujnika $L_4=4\text{mm}$, dokonać odczytu napięcia U_4 .

Badanie przebiegów czasowych:

- Zapisać wykresy przebiegów **napięć na uzwojeniach wtórnych 1 i 2** dla wskazań mikrometru **0, 10, 20 mm**.

5. Opracowanie wyników

Charakterystyka czujnika.

Dane zawarte w tabeli należy przedstawić na wykresie $U_{out}=f(L)$.

Wyznaczyć równanie regresji liniowej $U_{out}=a\cdot L+b$ dla otrzymanego wykresu stosując metodę najmniejszych kwadratów.

Określić współczynnik korelacji liniowej R oraz odchylenie s .

Wyznaczyć oczekiwane wartości napięcia U_{out} wyznaczone za pomocą równania regresji na krańcach przedziałów dla L_{min} i L_{max} oraz porównać z wartościami z pomiarów.

Badanie czułości czujnika.

Czułość czujnika jest wyrażana jako zmiana sygnału wyjściowego w odniesieniu do jednostkowego przemieszczenia czujnika. Wykorzystując dane z pomiarów można ją wyznaczyć za pomocą wzoru:

$$S = \frac{U_5 - U_4}{L_5 - L_4}.$$

Badanie przebiegów czasowych.

Dla zarejestrowanych wykresów przebiegów napięć na uzwojeniach wtórnych 1 i 2 dla $X=0, 10, 20$ mm zanotować obserwacje:

- opisać zmiany amplitudy napięcia na uzwojeniu pierwotnym i jak na uzwojeniu wtórnym.

6. Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy:

- zamieścić parametry czujnika,
- zamieścić tabelę z pomiarami,
- zamieścić wykres, przedstawić charakterystykę w postaci równania regresji liniowej, na podstawie współczynnika korelacji i odchylenia ocenić jakość charakterystyki,
- wyznaczyć czułość czujnika,
- zamieścić wykresy przebiegów czasowych napięć w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym oraz opisać obserwacje,
- sformułować wnioski z wyników pomiarów i ich analizy.

LITERATURA

- [1] M.Gawrysiak: Mechatronika i projektowanie mechatroniczne, Rozprawy Naukowe Nr 44, Polit. Białostocka, Białystok, 1997
- [2] B.Heiman, W.Gerth, K.Popp: Mechatronika: komponenty, metody, przykłady, tł. M. Gawrysiak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
- [3] J.Giergiel, T.Uhl: Identyfikacja układów mechanicznych, PWN, Warszawa, 1990
- [4] K. Mańczak: Metody identyfikacji wielowymiarowych obiektów sterowania, WNT, Warszawa, 1971
- [5] Afonin A., Szymczak P., Mechatronika, Skrypt Politechniki Szczecińskiej, Szczecin, 2001

Badanie czujnika przemieszczeń liniowych		
Odczyt mikrometru X [mm]	Przeszczenie czujnika L [mm]	Napięcie wyjściowe U _{out} [V]
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		

Data / Grupa /

Podpis prowadzącego:

Badanie czujnika przemieszczeń liniowych		
Odczyt mikrometru X [mm]	Przeszczenie czujnika L [mm]	Napięcie wyjściowe U _{out} [V]
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		

Data / Grupa /

Podpis prowadzącego: