

POLITECHNIKA



BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ



INŻYNIERII  
ZARZĄDZANIA

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

*Systemy pomiarowe*

Kod przedmiotu: **KS04515, KN04515**

**Ćwiczenie Nr 4**

**BADANIE WŁAŚCIWOŚCI  
PRZETWORNIKA INDUKCYJNOŚCIOWEGO  
TRANSFORMATOROWEGO**

Autor:

dr inż. *Arkadiusz Łukjaniuk*

Białystok 2022

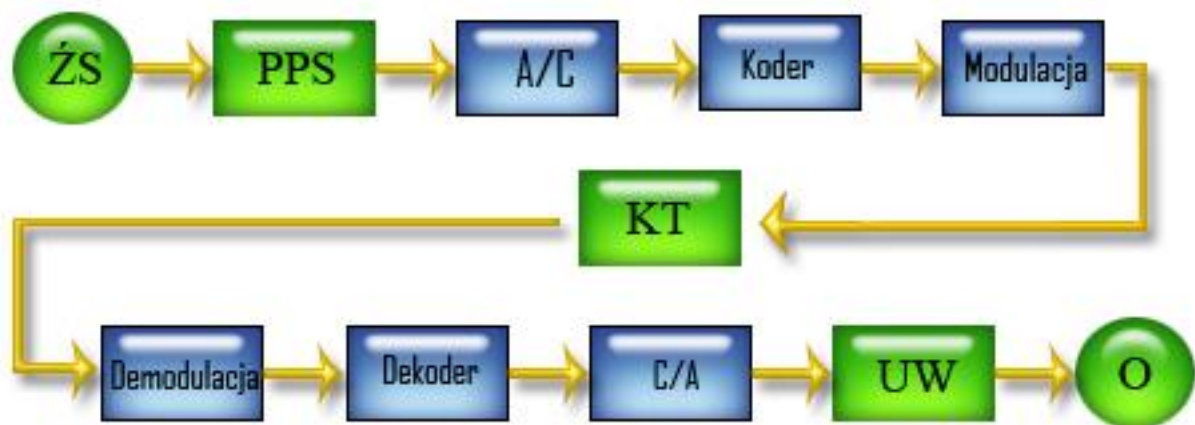
## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z zasadą działania oraz właściwościami metrologicznymi przetwornika indukcyjnościowego transformatorowego.

## 2. Wiadomości wstępne

Przetworniki pomiarowe są to urządzenia pomiarowe, które służą do zamiany z określaną dokładnością i według określonego prawa, wartość wielkości mierzonej (np. przesunięcie) na inną wartość wielkości (np. napięcie prądu).

Przetwornik może być samodzielnym narzędziem pomiarowym lub częścią złożonego układu pomiarowego. Na rysunku 1 przedstawiono strukturę przetwarzania sygnałów z uwzględnieniem przetwarzania sygnału analogowego na cyfrowy, operacji kodowania i modulacji.



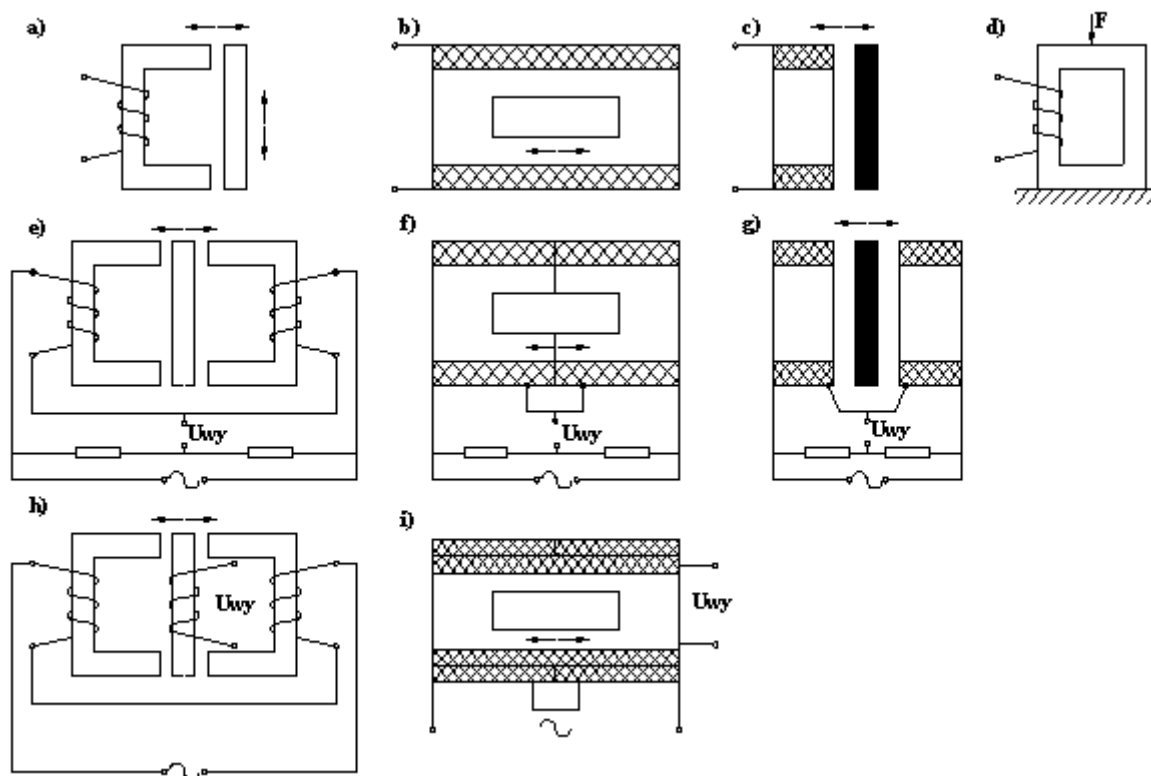
Rys. 1. Struktura przetwarzania sygnału

ŻS – źródło sygnału, PPS – pierwotny przetwornik sygnału, A/C – przetwornik analog/cyfra, KT – kanał transmisyjny, C/A – przetwornik cyfra/analog, UW – urządzenie wizualizacji, O – obserwator.

## 3. Budowa i podział przetworników indukcyjnościowych

Działanie przetworników indukcyjnościowych, przetwarzających wielkości mechaniczne na sygnał elektryczny, polega na wykorzystaniu zjawiska zmiany indukcyjności własnej (L) lub wzajemnej (M) obwodu elektrycznego, pod wpływem zmiany wielkości wejściowej, jaką zwykle jest przesunięcie.

Przetworniki indukcyjnościowe możemy podzielić, ze względu na ich budowę, na impedancyjne oraz transformatorowe. W impedancyjnych możemy wyróżnić czujniki dławikowe, solenoidalne, wiropądowe i magnetosprężyste, a w transformatorowych tylko solenoidalne i dławikowe. Podział ten jest przedstawiony na rysunku 2.



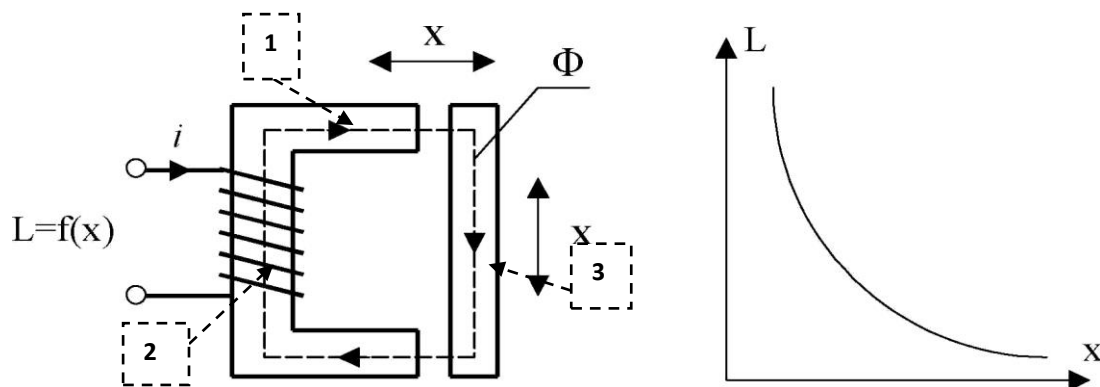
**Rys. 2. Podział przetworników indukcyjnościowych:**

a) przetwornik dławikowy impedancyjny pojedynczy, b) przetwornik solenoidalny impedancyjny pojedynczy, c) przetwornik wiroprowadowy impedancyjny pojedynczy, d) przetwornik magnetosprężysty impedancyjny pojedynczy, e) przetwornik dławikowy impedancyjny różnicowy, f) przetwornik solenoidalny impedancyjny różnicowy, g) przetwornik wiroprowadowy impedancyjny różnicowy, h) przetwornik dławikowy transformatorowy różnicowy, i) przetwornik solenoidalny transformatorowy różnicowy [3].

### 3.1. Przetworniki indukcyjnościowe dławikowe

Zasada działania tego rodzaju czujników polega na zmianie indukcyjności cewki przetwornika następującej w wyniku zmiany długości lub przekroju szczeliny powietrznej. Można więc powiedzieć, że funkcją przesunięcia jest zmiana reluktancji, więc i indukcyjności własnej czujnika.

Na nieruchomej części rdzenia ferromagnetycznego (1) nawinięta jest cewka (2), której indukcyjność własna zmienia się wraz ze zmianą strumienia magnetycznego  $\Phi$ , który ją przenika (rys. 3). Zmiany strumienia wywołane są przemieszczeniem w osi pionowej lub poziomej ruchomej części przetwornika (3), co powoduje zmiany szerokości szczeliny powietrznej obwodu magnetycznego, więc w konsekwencji zmiany oporu (reluktancji) na drodze strumienia magnetycznego  $\Phi$ . Powoduje to zmianę natężenia strumienia magnetycznego skojarzonego z cewką.



**Rys. 3. Obwód magnetyczny dławikowego przetwornika indukcyjnego i jego charakterystyka wyjściowa:**  
1 - rdzeń nieruchomy, 2 - cewka, 3 - część ruchoma [2]

Wpływa to na zmianę indukcyjności własnej  $L$  cewki:

$$L = \frac{d\Psi}{di} = z \frac{d\Phi}{di}, \quad (1)$$

gdzie:  $L$  – indukcyjność własna cewki;

$\Psi$  – strumień skojarzony z cewką ( $\Psi = z \Phi$ );

$\Phi$  – strumień przenikający cewkę;

$z$  – liczba zwojów cewki ;

$i$  – prąd płynący w cewce.

Na rysunku 3 przedstawiona jest też charakterystyka wyjściowa przetwornika  $L=f(x)$ . Przedstawia ona zależność indukcyjności własnej cewki  $L$  od przemieszczenia  $x$  elementu ruchomego. Jak widać charakterystyka ta jest nieliniowa, co jest niekorzystną cechą tego przetwornika.

### 3.1.1. Przyczyny błędów

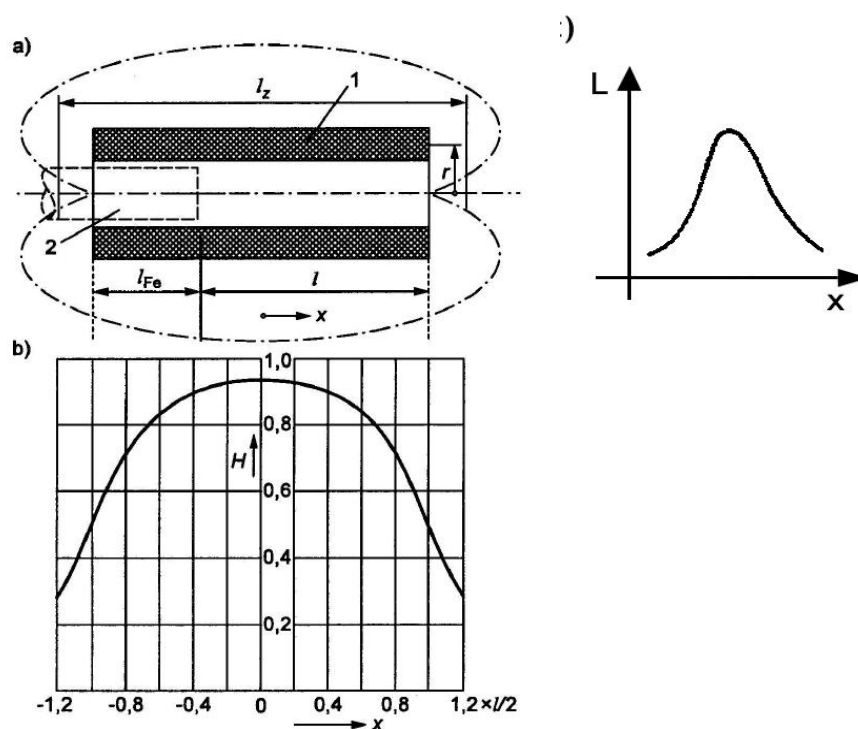
- ✓ wpływy temperatury, m.in. na przenikalność magnetyczną rdzenia, rezystancję cewki, stałą sprężystości sprężyny zwory;
- ✓ zmiany napięcia zasilającego przesuwające punkt pracy na nie liniowej charakterystyce magnesowania;
- ✓ wpływy zmian częstotliwości napięcia zasilającego na zmianę kąta przesunięcia fazowego przetwornika;
- ✓ nieliniowość charakterystyki.

### 3.1.2. Zastosowanie

- pomiary bardzo małych przesunięć ( $10\mu\text{m} \div 1\text{mm}$ ), pośrednio siły, ciśnienia itp..

### 3.2. Przetworniki indukcyjnościowe solenoidalne

Zasada działania czujników solenoidalnych jest podobna do zasady działania czujników dławikowych. Zmiana indukcyjności własnej cewki, która ma kształt solenoidu, następuje pod wpływem zmian strumienia magnetycznego skojarzonego z cewką. Wywołane to jest przemieszczeniem rdzenia ferromagnetycznego znajdującego się wewnątrz cewki.



**Rys. 4. Przetwornik solenoidalny:** a) zasada działania: 1 – cewka, 2 – rdzeń ferromagnetyczny; b) charakterystyka rozkładu pola magnetycznego  $H=f(x)$ , c) charakterystyka wyjściowa [2].

Rdzeń ferromagnetyczny 2 znajduje się w cewce 1. Jego ruch powoduje zmianę strumienia magnetycznego, a co za tym idzie zmianę indukcyjności własnej cewki. Linie pola magnetycznego będą przez trzy odcinki.

- Rdzeń;
- powietrze wewnątrz cewki;
- na zewnątrz cewki.

Zmianę indukcyjności własnej cewki opisuje zależność (2):

$$L = \mu_x \mu_o Z_0^2 S l, \quad (2)$$

gdzie:

$\mu_x$  – przenikalność magnetyczna materiału rdzenia, zależna od długości  $x$  części rdzenia w środku solenoidu, wymiarów rdzenia, a w przypadku struktury ziarnistej od wymiarów ziaren;

$Z_0$  – liczba zwojów na jednostkę długości solenoidu;

- l – długość solenoidu;  
S – przekrój poprzeczny solenoidu.

### 3.2.1. Przyczyny błędów

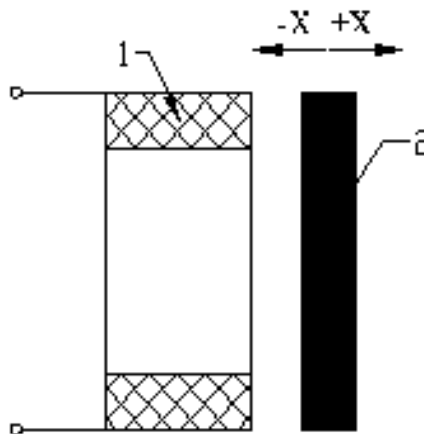
Przyczyny błędów są takie same jak w przetwornikach dławikowych, z tym, że w przetwornikach solenoidalnych jest dużo większy wpływ obcych pól elektromagnetycznych.

### 3.2.2. Zastosowanie

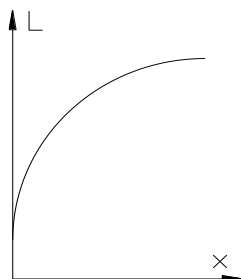
- ✓ pomiar poziomu materiałów sypkich;
- ✓ określenie rodzaju granulacji;
- ✓ pomiar procentowej zawartości domieszek ferromagnetycznych w materiale diamagnetycznym;
- ✓ pomiar poziomu cieczy;
- ✓ pomiar dużych przesunięć (do 2m z dokładnością do  $\mu\text{m}$ ).

## 3.3. *Przetworniki indukcyjnościowe wiropądowe*

Zasada działania tego rodzaju przetworników polega na tym, że pierwotny strumień magnetyczny wytwarzany przez prąd zmienny, który zasila cewkę, jest osłabiany przez przeciwnie do niego skierowany strumień. Strumień ten wytworzony jest przez prądy wirowe powstałe w niemagnetycznym (np. miedzianym) elemencie ruchomym przetwornika, znajdującym się w pobliżu cewki (rysunek 5). Zbliżanie ekranu powoduje zmniejszenie strumienia magnetycznego, a tym samym zmianę indukcyjności własnej cewki.



**Rys. 5. Przetwornik wiropądowy:** 1 - cewka, 2 - ekran niemagnetyczny [2].



Rys. 6. Charakterystyka wyjściowa przetwornika impedancyjnego wiroprowadowego [2].

Charakterystyka przetwarzania tego czujnika jest nieliniowa (rys. 6). Główną przyczyną jest zmiana reluktancji magnetycznej obwodu wraz ze zmianą jej odległości od ekranu, a tym samym i nieliniowa zmiana strumienia wytwarzanego przez prądy wirowe.

### 3.3.1. Przyczyny błędów

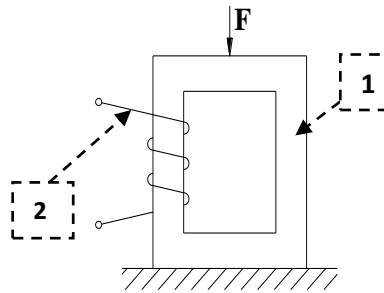
Błędy statyczne przetworników wiroprowadowych są analogiczne z błędami innych przetworników indukcyjnościowych. Zakres przemieszczeń mierzonych przetwornikami wiroprowadowymi wynosi ok. 2 $\mu$ m do 10mm, ale do tego celu są one rzadko używane. Stosuje się je do pomiarów grubości blach diamagnetycznych lub powłok o wyraźnie różnej rezystywności od podłoża, na które są nałożone.

### 3.3.2. Zastosowanie

- ✓ pomiar przesunięć;
- ✓ pomiar grubości metali diamagnetycznych (powłok niklu,...);
- ✓ pomiar grubości powłok (niklowanej stali,...);
- ✓ pomiar kąta obrotu.

## 3.4. *Przetworniki indukcyjnościowe magnetościężyste*

W przetwornikach magnetościężystych (rys.7) wykorzystuje się zjawisko zmiany przenikalności magnetycznej ferromagnetyków pod wpływem naprężeń mechanicznych, przy stałym natężeniu pola magnetycznego. Wektory magnetyzacji poszczególnych domen dążą wówczas do przyjęcia kierunku prostopadłego do działających naprężeń ściskających. Przy naprężeniach rozciągających wektory magnetyzacji starają się przyjąć kierunek zgodny z naprężeniem. Powoduje to zmiany kierunków łatwego i trudnego magnesowania, co w makroskopowej skali jest odczuwalne w postaci zmiany charakterystyki magnesowania, a więc i przenikalności magnetycznej.

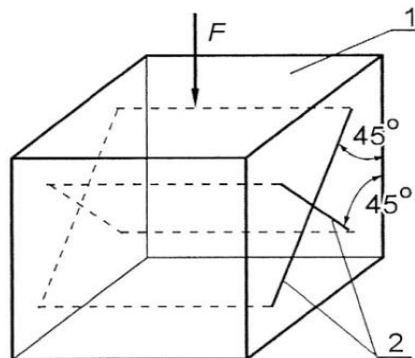


Rys. 7. Przetwornik magnetostrykcyjny, 1 – rdzeń, 2 – cewka

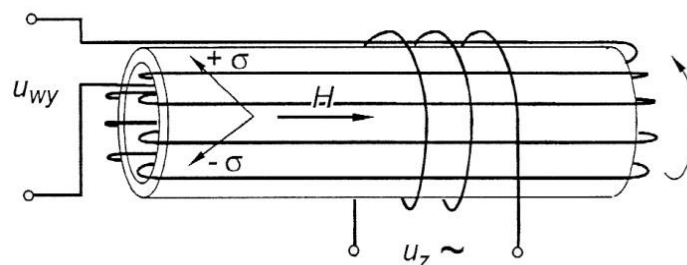
Kierunek zachodzących zmian zależy od rodzaju ferromagnetyka oraz od kierunku naprężenia. Np. żelazo poniżej nasycenia wykazuje przy rozciąganiu wzrost przenikalności, a przy ściskaniu zmniejszenie, natomiast nikiel (metal o ujemnej magnetostrykcji) zachowuje się odwrotnie.

Przetworniki magnetostrykcyjne buduje się jako impedancyjne i transformatorowe. Przetworniki impedancyjne działają na zasadzie zmiany indukcyjności własnej cewki, spowodowanej zmianami przenikalności magnetycznej rdzenia pod wpływem naprężeń. W przetwornikach transformatorowych napięcie indukowane w uzwojeniu wtórnym jest funkcją strumienia magnetycznego, którego wartość zależy od przenikalności rdzenia.

Charakterystyka przetwarzania przetworników magnetostrykcyjnych jest nieliniowa; jako liniową można ją traktować jedynie w zakresie bardzo małych i średnich naprężeń.



Rys. 8. Przetwornik magnetostrykcyjny transformatorowy do pomiaru dużych sił; 1 – rdzeń z blachy, 2 – uzwojenia [2].



Rys. 9. Przetwornik magnetostrykcyjny transformatorowy rurowy [2].



### 3.4.1. Przyczyny błędów

- błąd temperaturowy, zależny od materiału rdzenia (koryguje się za pomocą boczników magnetycznych lub w obrębie elektrycznego układu pomiarowego);
- błąd histerezy magnetosprężystej;
- wahania prądu magnesującego (przy właściwie dobranym prądzie magnesującym błąd ten wynosi  $0,3 \div 0,4\%$  na  $1\%$  zmiany napięcia).

### 3.4.2. Zastosowanie

- ✓ pomiar dużych sił, naprężeń i ciśnień (do 200MPa);
- ✓ pomiary momentów skręcających.

## 4. Parametry techniczne czujników indukcyjnościowych

- ❖ zakres pomiarowy: od  $10^{-6}$  m  $\div$  2m;
- ❖ liniowość charakterystyk zależy od zakresu pomiarowego (np. w przetwornikach transformatorowych jest ona rzędu  $0,05\% \div 0,1\%$ );
- ❖ czułość przetworników transformatorowych produkowanych seryjnie:

$$\text{od } 10 \frac{\text{V}}{\text{m}} \text{ do } 100 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

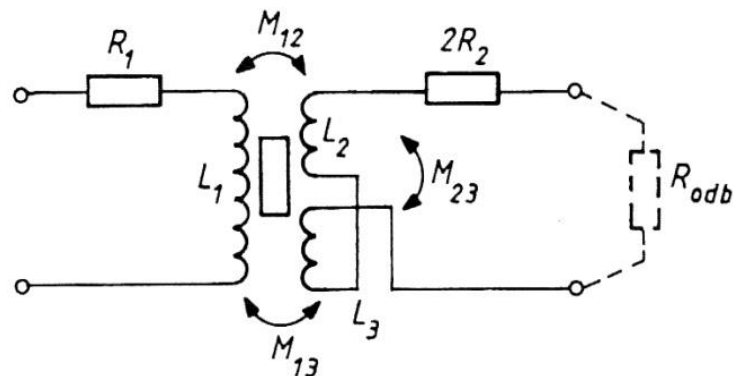
- ❖ indukcja maksymalna w rdzeniach jest niska i wynosi od  $0,1\text{T} \div 0,2\text{T}$ ;
- ❖ możliwy pomiar przemieszczeń zmiennych, zmieniających się w czasie z częstotliwością od kilku Hz do kilkunastu kHz;
- ❖ czułość zależy od częstotliwości napięcia zasilającego;
- ❖ błędy spowodowane zmianą warunków zewnętrznych są niewielkie;
- ❖ wpływ obcych pól jest eliminowane przez ekranowanie przetworników.

## 5. Przetwornik transformatorowy różnicowy budowa i działanie

Przetwornik transformatorowy różnicowy jest wykorzystywany w trakcie ćwiczenia, więc zostanie omówiony nieco dokładniej.

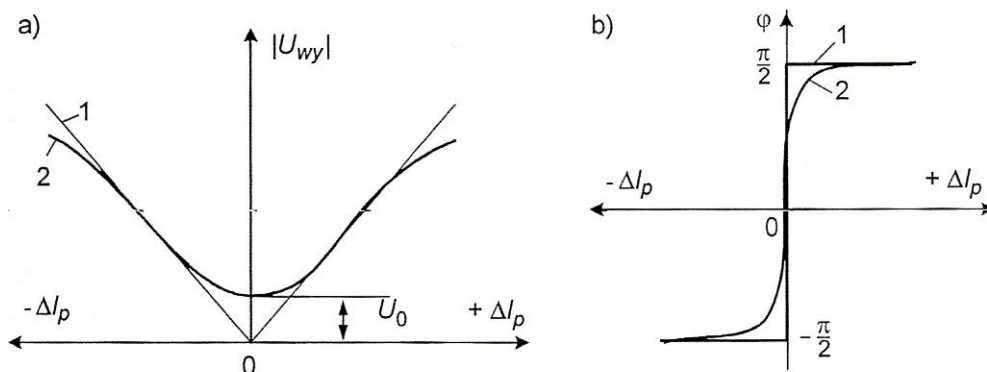
Zasada działania czujnika transformatorowego różnicowego polega na zmianie indukcyjności wzajemnej  $M_{12}$  i  $M_{13}$  między obwodem zasilającym (pierwotnym) a obwodem wtórnym. Przy położeniu środkowym rdzenia (rys.10) dwa napięcia indukowane w obwodach wtórnych mają tę samą wartość, a ponieważ na wyjściu odejmują się, różnica ta wynosi zero. Wraz z przesuwaniem rdzenia jedno z napięć wzrasta o  $\Delta U$ , drugie maleje o  $\Delta U$ , a więc

napięcie wyjściowe jest równe  $2 \Delta U$ . W zależności od kierunku przesuwania rdzenia od położenia równowagi napięcie wyjściowe będzie w fazie lub w przeciwfazie w stosunku do napięcia zasilania.



Rys. 10. Schemat zastępczy czujnika transformatorowego różnicowego [3].

Charakterystyki przetwarzania czujnika transformatorowego przedstawiono na rys. 11.



Rys. 11. Charakterystyki przetwornika transformatorowego: 1-teoretyczne, 2-praktyczne; a) modułu, b) fazy napięcia wyjściowego;  $U_0$  – napięcie resztkowe (przy  $\Delta l_p=0$ ), uwarunkowane niesymetrią obwodu magnetycznego oraz elektrycznego i zniekształceń napięcia [2].

Napięcie wyjściowe przetwornika dławikowego:

$$U_{wy} = \frac{z_2}{z_1} U_{zas} \frac{x}{l_0}, \quad (3)$$

gdzie:  $Z_1, Z_2$  – liczba zwojów uzwojeń pierwotnych i wtórnych;

$U_{zas}$  – napięcie zasilania;

$x$  – przesunięcie części ruchomej przetwornika;

$l_0$  – położenie ustalone.

Jak widać z rys. 11 w czujniku rzeczywistym istnieje pewne napięcie zerowe, a przesunięcie fazowe nie zmienia się skokowo. W punkcie zerowym powinna nastąpić kompensacja dwóch napięć przemiennych, konieczne jest, więc spełnienie zarówno warunku

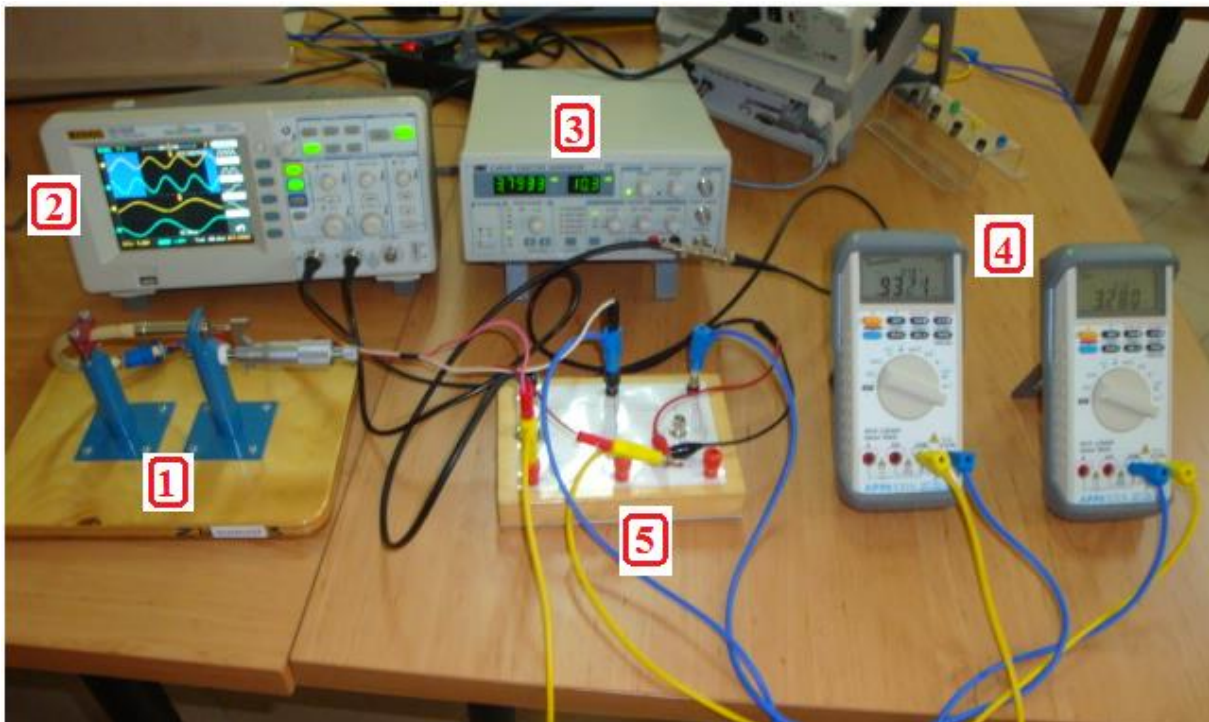
równości modułów jak i faz. Jest to zależne od dokładności wykonania rdzenia i symetrii uzwojeń czujnika. Duży wpływ na dokładną kompensację ma kształt porównywanych napięć i ich częstotliwość.

## 6. Przebieg pomiarów.

Przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów należy zapoznać się z zasadami BHP dla danego stanowiska pracy.

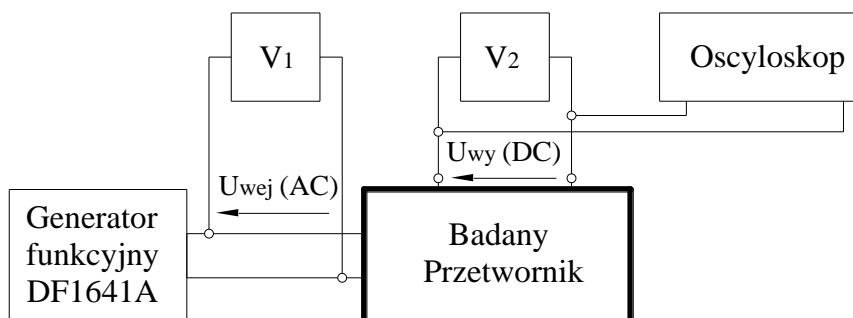
Stanowisko laboratoryjne składa się z następujących elementów (rys. 12):

- solenoidalny przetwornik indukcyjnościowy transformatorowy różnicowy do pomiaru przesunięć (1);
- oscyloskop RIGOL DS 1052E (2);
- generator funkcyjny DF1641A (3);
- multimetr cyfrowy do pomiaru napięć APPA109N (4);
- multimetr cyfrowy do pomiaru napięć APPA99II (5);
- układ łączeniowy (6);
- przewody.



**Rys. 12. Widok stanowiska pomiarowego:** 1- przetwornik solenoidalny indukcyjnościowy transformatorowy; 2 – oscyloskop cyfrowy RIGOL DS1052E; 3 – generator funkcyjny DF1641A; 4 – multimetry APPA109N; 5 – układ połączeniowy.

Należy podłączyć układ wg schematu z rys. 13.



Rys. 13. Schemat układu pomiarowego.

### 6.1. Wpływ modułu napięcia zasilającego $U_{we}$ na charakterystykę przetwarzania $U_{wy} = f(x)$ :

**UWAGA:** Włączyć generator funkcyjny na minimum 10min przed rozpoczęciem pomiarów!!!

Kolejność czynności:

- ❖ Ustawić zadaną w tabeli 1 wartość częstotliwości napięcia zasilającego:
  - **Uwaga:** Napięcie wyjściowe generatora należy ustawić dopiero po przyłączeniu do niego obwodu pomiarowego oraz przy wskazaniu śruby mikrometrycznej 45,05 mm. Należy również utrzymywać zadaną wartość napięcia generatora przy każdej zmianie przesunięcia rdzenia przetwornika.
- ❖ Zmieniać położenie rdzenia przetwornika nastawiając na śrubie mikrometrycznej wskazane w tabeli 1 wartości  $X_p$  i notując wartość napięcia wyjściowego  $U_{wy}$ .
- ❖ W sprawozdaniu należy wykreślić zależność  $U_{wy} = f(X_p)$  dla wszystkich wartości napięcia  $U_{wy}$ .
- ❖ Określić średnie wartości czułości  $S_p$  przetwornika dla każdego z trzech napięć zasilających. Wyniki wpisać do tabeli 3.

Czułość przetwornika definiowana jest następująco:

$$S_p = \frac{dU_{wy}}{dX_p} \approx \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta X_p}, \quad (4)$$

**Tabela 1**

L.p.	f=.....kHz			
	X <sub>p</sub> mm	U <sub>we</sub> =..... V	U <sub>we</sub> =..... V	U <sub>we</sub> =..... V
		U <sub>wy</sub> V	U <sub>wy</sub> V	U <sub>wy</sub> V
1	0,00			
2	0,25			
3	0,50			
4	0,75			
5	1,00			
6	1,25			
7	1,50			
8	1,75			
9	2,00			
10	2,25			
11	2,50			
12	2,75			
13	3,00			
14	3,25			
15	3,50			
16	3,75			
17	4,00			
18	4,25			
19	4,50			
20	4,75			
21	5,00			
22	5,25			
23	5,50			
24	5,75			
25	6,00			

**6.2. Wpływ częstotliwości napięcia zasilającego U<sub>we</sub> na charakterystykę przetwarzania U<sub>wy</sub> = f(x):**

Kolejność czynności:

- ❖ Ustawiamy zadaną w tabeli 2 wartość napięcia U<sub>we</sub>.
- ❖ Zmieniać położenie rdzenia przetwornika nastawiając na śrubie mikrometrycznej wskazane w tab. 2 wartości X<sub>μ</sub> i notując wartość napięcia wyjściowego U<sub>wy</sub>.

- ❖ W sprawozdaniu należy wykreślić zależność  $U_{wy} = f(X_p)$  dla trzech wymienionych w tabeli 2 częstotliwości napięcia zasilającego przetwornik.

**Tabela 2**

L.p.	$U_{we} = \dots\dots\dots V$			
	$X_p$ mm	$f = \dots\dots\dots kHz$	$f = \dots\dots\dots kHz$	$f = \dots\dots\dots kHz$
		$U_{wy} \quad V$	$U_{wy} \quad V$	$U_{wy} \quad V$
1	0,00			
2	0,25			
3	0,50			
4	0,75			
5	1,00			
6	1,25			
7	1,50			
8	1,75			
9	2,00			
10	2,25			
11	2,50			
12	2,75			
13	3,00			
14	3,25			
15	3,50			
16	3,75			
17	4,00			
18	4,25			
19	4,50			
20	4,75			
21	5,00			
22	5,25			
23	5,50			
24	5,75			
25	6,00			

$X_p$  = przemieszczenie rdzenia przetwornika.

**Tabela 3. Średnie wartości czułości  $S_p$  przetwornika**

Napięcie zasilające $U_{we}$	Średnia czułość $S_p$	Częstotliwość napięcia zasilającego	Średnia czułość $S_p$
V	V/mm	kHz	V/mm
.....		.....	
.....		.....	
.....		.....	
$f=.....\text{kHz}$		$U_{we}=.....\text{V}$	

## 7. Pytania kontrolne

- Narysuj i opisz budowę i zasadę działania przetworników indukcyjnościowych impedancyjnych:
  - dławikowego, b) solenoidalnego, c) wiropiętrowego.
- Narysuj i opisz budowę i zasadę działania przetworników indukcyjnościowych transformatorowych.
- Zalety przetworników w układzie mostkowym w porównaniu z przetwornikami pojedynczymi.
- Wymień i skomentuj przyczyny błędów przetworników: a) dławikowego, b) solenoidalnego, c) wiropiętrowego.
- Omów zastosowanie przetworników indukcyjnościowych impedancyjnych:
  - dławikowego, b) solenoidalnego, c) wiropiętrowego.

## Literatura

- Chwaleba A., Czajewski J.: *Przetworniki pomiarowe wielkości fizycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
- Chwaleba A., Czajewski J.: *Przetworniki pomiarowe i defektoskopowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998.
- Michalski A., Tumański S., Żyła B.: *Laboratorium miernictwa wielkości nieelektrycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- Chwaleba A., Czajewski J.: *Pomiary elektryczne i elektroniczne wielkości mechanicznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.

5. Miłek M.: *Metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych*, WSP Zielona Góra 2006.
6. Czajewski J.: *Podstawy metrologii elektrycznej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.

## **Wymagania BHP**

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ◆ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ◆ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- ◆ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ◆ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ◆ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- ◆ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- ◆ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ◆ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ◆ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ◆ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.