

**WAT – WYDZIAŁ ELEKTRONIKI**  
**INSTYTUT SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH**

Przedmiot: **CZUJNIKI I PRZETWORNIKI**  
Ćwiczenie nr 3  
**PROTOKÓŁ / SPRAWOZDANIE**

**Temat: Przetworniki pojemnościowe**  
**/POMIARY PRZEMIESZCZEŃ KĄTOWYCH/**

Grupa: .....  1. ....  2. ....  3. ....  4. ....	Data wykonania ćwiczenia: .....
	Data oddania sprawozdania: .....
	Ocena: .....
	Prowadzący: .....

Uwagi prowadzącego ćwiczenie:

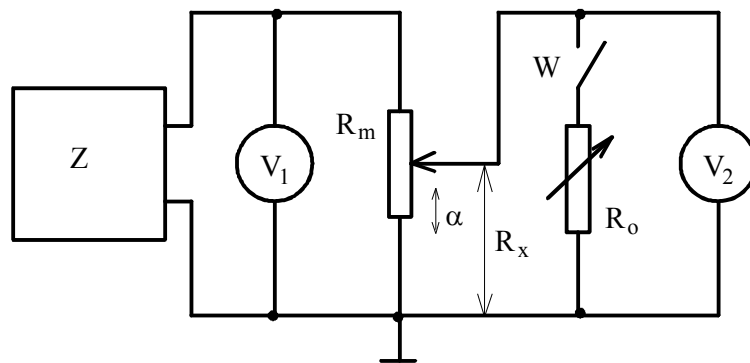
**Cel ćwiczenia:**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z budową i zakresem wykorzystania czujników pojemnościowych i rezystancyjnych do pomiaru przemieszczeń kątowych.

# STANOWISKO 1. POMIAR KĄTA Z ZASTOSOWANIEM PRZETWORNIKA REZYSTANCYJNEGO

## 1.1 OPIS ĆWICZENIA.

Przedmiotem badań jest pomiar charakterystyki statycznej w znamionowych warunkach pracy przetwornika, a także ocena wpływu rezystancji obciążenia na jej liniowość. Pomiary przeprowadza się w układzie pomiarowym przedstawionym na rys.1.



Rys.1. Układ pomiarowy do wzorcowania przetwornika rezystancyjnego.

W przedstawionym na rys.1 układzie pomiarowym przetwornik rezystancyjny pracuje w układzie potencjometrycznym. Taki układ pomiarowy stosuje się najczęściej, gdyż przy odpowiednim ustawieniu napięcia zasilania można na woltomierzu  $V_2$  odczytywać bezpośrednio mierzone przesunięcie kątowe (np. dobierając napięcie zasilania tak, aby  $U_1/\alpha_{\max}=1\text{mV/deg}$ ).

Przy ustawionym napięciu  $U_1$  zasilacza  $Z$ , zmieniamy położenie  $\alpha$  ruchomego suwaka i odczytujemy napięcie wskazywane przez woltomierz  $V_2$ . Kąt  $\alpha$  zmieniany jest w przedziale  $0\div\alpha_{\max}$ . Pomiary powtarzamy kilkakrotnie, zachowując każdorazowo ustalony kierunek ruchu suwaka.

Warunkiem poprawności skalowania jest zależność  $U_1=\text{const}$ . Napięcie  $U_1$  dobieramy tak, aby czułość

$$S_R=U_1/\alpha_{\max}=10\text{ mV/deg} \quad (1.1)$$

Pierwszą serię pomiarów wykonujemy dla  $R_o=\infty$ . Następnie powtarzamy pomiary zamykając wyłącznik  $W$  i ustawiając kolejno:

$$\begin{aligned} R_o &= 1R_m \\ R_o &= 10R_m \\ R_o &= 100R_m \end{aligned} \quad (1.2)$$

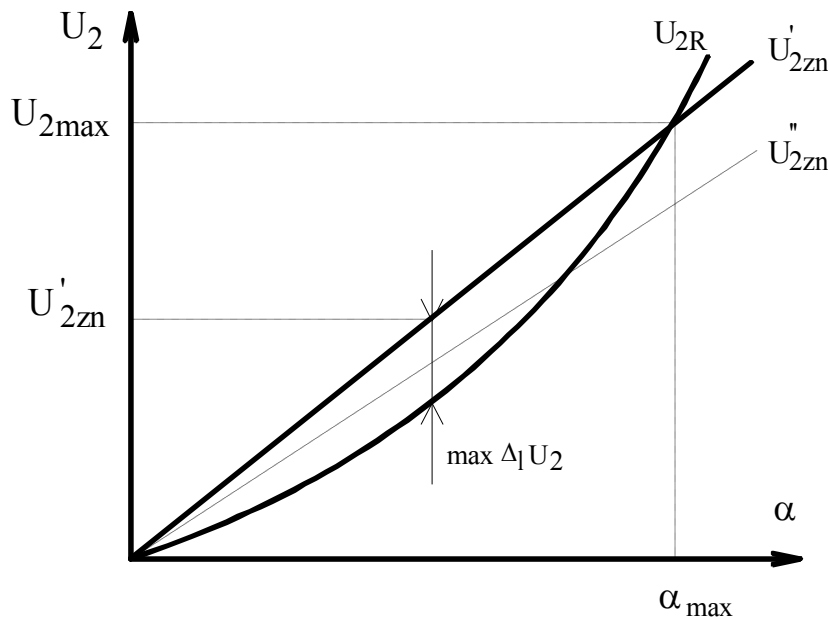
gdzie  $R_m$  oznacza maksymalną wartość rezystancji przetwornika zmierzoną uprzednio za pomocą omomierza.

Uzyskane wyniki zamieszczamy w odpowiedniej tabeli i nanosimy na wykres  $U_2=f(\alpha)$ . Wykres ten stanowi pasmo ch-tyk statycznych. Szerokość pasma charakterystyk statycznych liczona wzdłuż osi napięć odpowiada dwukrotnej wartości maksymalnego błędu bezwzględnego, odniesionego do wyjścia przetwornika. Zależność

$$\delta \% U = \frac{|\Delta U_2|_{\max}}{U_{2\max}} 100\% \quad (1.3)$$

określa dokładność zakresową przetwornika.

Charakterystykę rzeczywistą stanowi krzywa aproksymująca charakterystykę utworzoną przez zbiór punktów  $(\alpha_i; U_{2i \text{ śr}})$ , przy czym  $U_{2i \text{ śr}}$  jest wartością średnią ze wszystkich wartości  $U_2$  uzyskanych dla danego  $\alpha_i$ . Charakterystyka ta zazwyczaj nieliniowy charakter, co w przypadku przetwornika rezystancyjnego, badanego w ćwiczeniu, będzie objawiało się dla skończonej wartości  $R_o$ . Istotnym parametrem takiej nieliniowej ch-ki jest błąd nieliniowości. Graficzny sposób wyznaczania tego błędu przedstawia rys.2.



Rys.2. Graficzny sposób wyznaczania błędu nieliniowości.

Błąd nieliniowości określany jest przez maksymalną rozbieżność charakterystyki rzeczywistej  $U_{2R}$  i znamionowej  $U_{2zn}$  zaznaczoną na rys.2 symbolem  $\max \Delta_1 U_2$ . Błąd ten może charakteryzować dokładność przetwornika, jeśli odniesiemy go do zakresu znamionowego, a więc kiedy

$$\delta \%_l = \left| \frac{\max \Delta_1 U_2}{U_{2\max}} \right| 100\% \quad (1.3a)$$

oraz dokładność pomiaru danym przetwornikiem, jeśli określimy go wyrażeniem

$$\delta \text{ \%} = \max \left| \frac{\Delta U_2}{U_{2zn}} \right| 100\% \quad (1.4)$$

## 1.2. WYKONANIE ĆWICZENIA.

W celu ułatwienia wykonania ćwiczenia zastosowano komputer oraz przyrząd uniwersalny METEX współpracujący z komputerem i umożliwiający pomiar wszystkich żądanych parametrów. Wprowadzanie danych do pamięci komputera odbywa się za pośrednictwem programu o nazwie **pomlin.exe**.

Każda seria pomiarów znajduje się w pliku o nadanej nazwie. Pliki te są następnie wpisywane do programu EXCEL, który umożliwia opracowanie wyników w postaci tabel, wykresów i innych parametrów wskazanych w dalszej części instrukcji oraz wydruk na drukarce.

Procedura postępowania jest następująca:

1. Pomiary dokonywać przyrządem METEX-4660A.
2. Uruchomić program **pomlin.exe**.
3. Po uruchomieniu programu postępować zgodnie z ukazującymi się komunikatami na ekranie komputera.
4. Zanotować na kartce nazwę pliku, w którym będą zapisane wyniki pomiarów oraz miana wielkości fizycznych w jakich były zdejmowane charakterystyki.
5. Uruchomić program **EXCEL**, wprowadzić do niego pliki pomiarowe i za pomocą tego programu wyznaczyć żądane w dalszej części instrukcji wykresy i parametry.
6. Wszelkie wykresy drukować wraz z wynikami pomiarów.

## 1.3. PROCEDURA POMIAROWA KĄTA Z ZASTOSOWANIEM PRZETWORNIKA REZYSTANCYJNEGO.

1. Zmierzyć przyrządem wartość rezystancji przetwornika.
2. Połączyć układ pomiarowy w/g rys.1.
3. Zdjąć charakterystyki statyczne przetwornika w sposób podany w punkcie 1.1 dla rozwartego wyłącznika W.

Dla odpowiedniej wartości  $\alpha$  napięcie  $U_{2\text{śr}}$  wyznaczamy z zależności

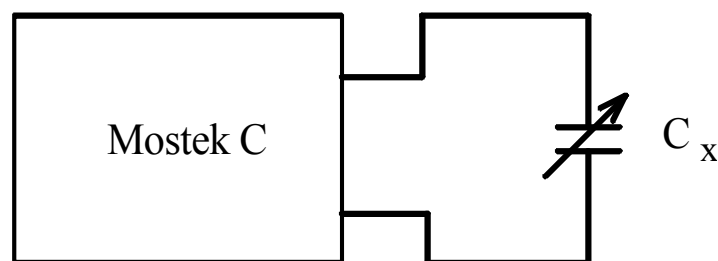
$$U_{2\text{śr}} = \frac{U_{21} + U_{22} + U_{23}}{3}$$

4. Wykreślić pasmo charakterystyk statycznych oraz wyznaczyć maksymalny błąd bezwzględny, a także dokładność zakresową przetwornika w/g zależności 1.3.
5. Wykreślić charakterystykę rzeczywistą przetwornika dla  $R_o = \infty$ .
6. Wyznaczyć charakterystyki statyczne dla zamkniętego wyłącznika W i dla  $R_o$  nastawianych kolejno w/g zależności (1.2).
7. Wyznaczyć graficznie błędy nieliniowości, wykreślając charakterystyki rzeczywiste i aproksymując je liniami prostymi w sposób podany na rys.2. Obliczyć względne błędy nieliniowości w/g zależności (1.3a) i (1.4). Analizę przeprowadzić dla wszystkich badanych obciążeń.
8. Omówić wpływ obciążenia na liniowość charakterystyki wyjściowej przetwornika rezystancyjnego.

## STANOWISKO 2. POMIAR KĄTA Z ZASTOSOWANIEM PRZETWORNIKA POJEMNOŚCIOWEGO

### 2.1 OPIS ĆWICZENIA.

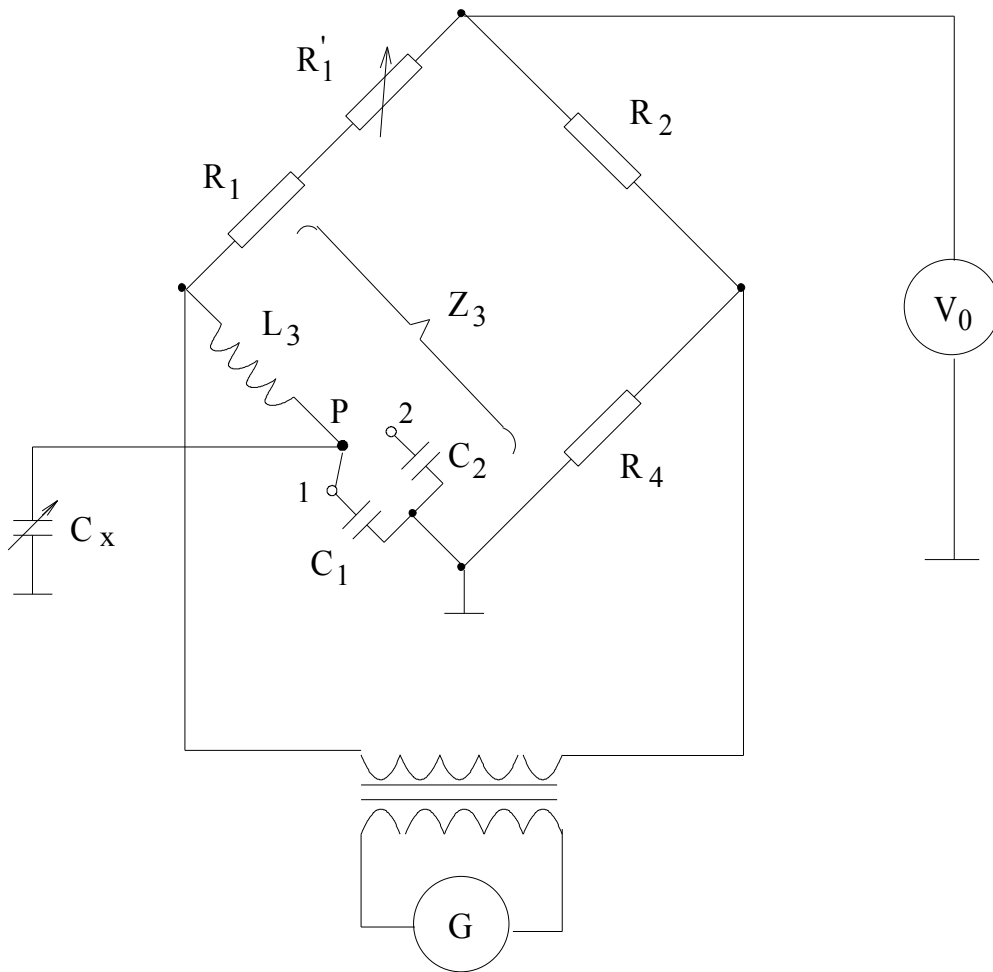
Badanym przetwornikiem pomiarowym jest kondensator obrotowy, dla którego roboczy zakres mierzonego kąta zawiera się w przedziale  $0 \div 180^\circ$ . Przedmiotem badań jest pomiar charakterystyki  $C=f(\alpha)$  oraz badanie układu przetwarzającego kąt w sygnał napięciowy. Pomiar charakterystyki  $C=f(\alpha)$  przeprowadza się w układzie pomiarowym przedstawionym na rys.4.



Rys.4. Układ pomiarowy do pomiaru charakterystyki statycznej przetwornika pojemnościowego.

Uzyskane wyniki pomiarów przedstawia się tabelarycznie oraz wykreślić w postaci charakterystyki  $C=f(\alpha)$ . Pomiary powtarzamy kilkakrotnie, wyznaczając charakterystykę rzeczywistą w sposób analogiczny jak dla przetwornika rezystancyjnego. Przetwornik w postaci kondensatora obrotowego pracuje zazwyczaj w bardziej złożonym układzie pomiarowym, przetwarzającym np. pojemność w wartość skuteczną napięcia.

Przedmiotem dalszych badań będzie badanie układu przetwornika pojemności C na napięcie U. Schemat badanego układu przedstawiono na rys.5.



Rys.5. Układ pomiarowy przetwornika C/U.

Układ rezonansowy przetwornika C/U stanowi typowy mostek rezonansowy, zasilany napięciem sinusoidalnym. Dla częstotliwości odpowiadającej stanowi rezonansu w gałęzi  $Z_3$ , gałąź ta ma charakter czynny i wówczas mostek doprowadzamy do równowagi zmieniając rezystor  $R_1'$ . W praktyce równoważenie tego mostka przeprowadza się ustawiając wstępnie  $f_0$  równe

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_3 C}} \quad (1.5)$$

gdzie:  $C=C_1+C_{Xmin}$  - dla przełącznika P w pozycji (1)

$C=C_2+C_{Xmin}$  - dla przełącznika P w pozycji (2)

Następnie regulujemy  $R_1'$  tak, aby uzyskać minimum wskazań woltomierza  $V_0$ . Dokładne wyzerowanie mostka uzyskuje się regulując na zmianę częstotliwość  $f_0$  oraz  $R_1'$ . W tej części ćwiczenia bada się wpływ parametrów układu pomiarowego na charakterystykę wyjściową przetwornika. Pomiary przeprowadza się w następujący sposób:

Przełącznik P ustawiamy w pozycji (1) i dobieramy odpowiednią wartość częstotliwości generatora przy niewielkim napięciu zasilania mostka.

W przedstawiony powyżej sposób równoważymy mostek, następnie ustawiamy napięcie zasilania  $U_z=5V$ .

Przy tak przygotowanym układzie pomiarowym zdejmujemy charakterystykę wyjściową mostka  $U_o=f(\alpha)$ .

Analogiczne pomiary dokonujemy dla przełącznika P ustawionego w pozycji (2). Charakterystyki zdejmujemy się jednokrotnie, traktując je następnie jako charakterystyki rzeczywiste i wyznaczając dla nich błąd nieliniowości w sposób podobny jak dla przetwornika rezystancyjnego.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów uzyskuje się trzy charakterystyki:

$C=f_1(\alpha)$  - pojemność przetwornika w funkcji kąta;

$U_o=f_2(\alpha)$  - napięcie wyjściowe w funkcji kąta;

$U_o=f_3(C)$  - napięcie wyjściowe w funkcji pojemności (zależność uzyskana analitycznie z dwóch powyższych charakterystyk).

Analiza tych charakterystyk pozwala zauważyć, że w żądanym zakresie przetwarzania linearyzację charakterystyki wyjściowej układu  $U_o=f(\alpha)$  uzyskuje się tzw. metodą kompensacji charakterystyk statycznych kolejnych członów przetwarzających zmianę kąta w pojemność oraz pojemność w napięcie wyjściowe  $U_o$ .

## 2.2. WYKONANIE ĆWICZENIA.

W celu ułatwienia wykonania ćwiczenia zastosowano komputer oraz przyrząd uniwersalny METEX współpracujący z komputerem i umożliwiający pomiar wszystkich żądanych parametrów. Wprowadzanie danych do pamięci komputera odbywa się za pośrednictwem programu o nazwie **pomlin.exe**.

Każda seria pomiarów znajduje się w pliku o nadanej nazwie. Pliki te są następnie wpisywane do programu EXCEL, który umożliwia opracowanie wyników w postaci tabel, wykresów i innych parametrów wskazanych w dalszej części instrukcji oraz wydruk na drukarce.

Procedura postępowania jest następująca:

7. Pomiary dokonywać przyrządem METEX-4660A za wyjątkiem punktu 2.1 (rys. 4), gdzie wartość pojemności należy mierzyć przyrządem METEX-4650CR.

*Uwaga: W przyrządzie METEX-4650CR każdorazowa zmiana zakresu wymaga ponownego włączenia przycisku COM. Aktywny przycisk COM sygnalizowany jest na wskaźniku przyrządu.*

8. Uruchomić program **pomlin.exe**.
9. Po uruchomieniu programu postępować zgodnie z ukazującymi się komunikatami na ekranie komputera.
10. Wyniki pomiarów rejestrować przy jednakowych odstępach nastawy zmiennej niezależnej  $x$ .
11. Zanotować na kartce nazwę pliku, w którym będą zapisane wyniki pomiarów oraz miana wielkości fizycznych w jakich były zdejmowane charakterystyki.
12. Uruchomić program **EXCEL**, wprowadzić do niego pliki pomiarowe i za pomocą tego programu wyznaczyć żądane w dalszej części instrukcji wykresy i parametry.
13. Wszelkie wykresy drukować wraz z wynikami pomiarów.

### 2.3. PROCEDURA POMIAROWA KĄTA Z ZASTOSOWANIEM PRZETWORNIKA POJEMNOŚCIOWEGO.

1. Zdjąć charakterystykę statyczną przetwornika pojemnościowego w sposób podany w punkcie 2.1.

Wartość średnią pojemności dla kolejnego pomiaru wyznacza się z zależności

$$C_{\text{śr}} = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3}$$

2. Wykreślić charakterystykę rzeczywistą  $C=f(\alpha)$ .
3. Połączyć układ pomiarowy przedstawiony na rys.5.
4. Zmierzyć charakterystyki statyczne  $U_o=f_2(\alpha)$  dla włączonych kolejno  $C_1$  i  $C_2$  w sposób opisany w punkcie 2.1. Równoważenie mostka przeprowadzić w położeniu  $\alpha=0$ .
5. Wykreślić charakterystyki statyczne dla włączonych  $C_1$  i  $C_2$  oraz określić błędy nieliniowości analogicznie jak dla przetwornika rezystancyjnego.
6. Na podstawie wyznaczonych charakterystyk  $C=f_1(\alpha)$  oraz  $U_o=f_2(\alpha)$  wykreślić charakterystykę  $U_o=f_3(C)$ .
7. Porównać uzyskane charakterystyki oraz wyjaśnić istotę metody kompensacji charakterystyk dla linearyzacji charakterystyki wyjściowej.



### **Literatura.**

1. „Miernictwo elektryczne. Ćwiczenia laboratoryjne.” WAT, Warszawa 1988.
2. Sadowski A., Sobol J. „Metrologia długości i kąta”. WNT, Warszawa 1978.
3. B. Szumielewicz, B. Słomski, W. Styburski „Pomiary elektroniczne w technice”. WNT, Warszawa 1982.
4. A. Chwaleba, J. Czajewski „Przetworniki pomiarowe wielkości fizycznych”. WPW, Warszawa 1993.
5. Misiurewicz P. „Układy mikroprocesorowe”. WNT, Warszawa 1983.
6. Sadowski A., Sobol J. „Metrologia długości kąta”, Warszawa 1978.