

Ćwiczenie nr 1. **CZUJNIKI I PRZETWORNIKI POJEMNOŚCIOWE**

**Pomiary pojemnościowe poziomu cieczy oraz przemieszczeń odłamów kostnych**

---

---

**A. POMIAR ZALEŻNOŚCI POJEMNOŚCI ELEKTRYCZNEJ OD WYMIARÓW  
KONDENSATOR PŁASKIEGO**

**I. Zestaw przyrządów:**

1. Kondensator płaski.
2. Miernik pojemności.

**II. Przebieg pomiarów:**

1. Zmierzyć wymiary okładek kondensatora płaskiego.
2. Ustawić odległość okładek kondensatora tak aby mierzona pojemność była ok. 200pF.  
Zmniejszając odległość między okładkami a stałą wartość odczytaną ze śruby mierzyć pojemność kondensatora. Wyznaczyć zależność pojemności elektrycznej  $C$  kondensatora od odległości między jego okładkami, zmieniając odległość  $x$  względem położenia początkowego  $x_0$  następująco:
  - 10 razy co  $\Delta x = 0,01$  mm,
  - 10 razy co  $\Delta x = 0,05$  mm,
  - 10 razy co  $\Delta x = 0,5$  mm.

**III. Opracowanie wyników.**

1. Wyznaczenie pojemności doprowadzeń i pojemności rozproszonych  $C_d$ :
  - a) obliczyć rzeczywiste odległości  $h$  między okładkami kondensatora powietrznego:

$$h = h_0 + \Delta h$$

gdzie:

$h_0 = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{C_0}$  – początkowa rzeczywista odległość między okładkami kondensatora odpowiadająca położeniu  $x_0$  na śrubie mikrometrycznej,

$\Delta h = x - x_0$  – zmiana odległości między okładkami kondensatora liczona względem położenia początkowego  $x_0$ ,

$x$  – odczyt ze śruby mikrometrycznej odpowiadający danej pojemności  $C$ ,

$\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  – przenikalność elektryczna próżni,

$S = \pi \cdot R^2$  – powierzchnia okładki kondensatora,

$2R$  – średnica okładek kondensatora,

$C_0$  – początkowa pojemność kondensatora odpowiadająca położeniu  $x_0$  śruby mikrometrycznej;

b) sporządzić wykres zależności pojemności kondensatora od odwrotności odległości między okładkami  $C = f\left(\frac{1}{h}\right)$ ;

c) odczytać z wykresu wartość sumy pojemności doprowadzeń i rozproszonych  $C_d$  aproksymując wykres do  $\frac{1}{h} = 0$ .

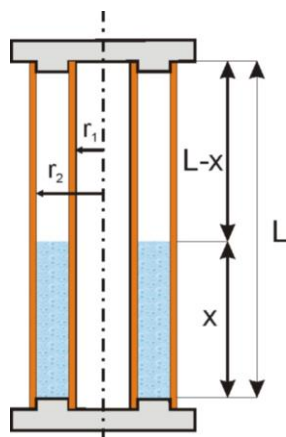
## **B. POMIAR POZIOMU CIECZY METODĄ POJEMNOŚCIOWĄ**

### **I. Zestaw przyrządów:**

1. Kondensator cylindryczny.
2. Miernik pojemności.

### **II. Przebieg pomiarów:**

Schemat układu pomiarowego przedstawiono na poniższym rysunku.



$$C = C_1 + C_2$$

$$C_1 = \frac{2\pi \varepsilon x}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

$$C_2 = \frac{2\pi \varepsilon_0 (L - x)}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

3. Zmierzyć wymiary geometryczne kondensatora cylindrycznego  $L$ ,  $r_2$  oraz różnych  $r_1$ .

Wyniki przedstawić w tabeli.

| Lp. | $L$<br>[m] | $\Delta L$<br>[m] | $r_1$<br>[m] | $\Delta r_1$<br>[m] | $r_2$<br>[m] | $\Delta r_2$<br>[m] |
|-----|------------|-------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|
| 1   |            |                   |              |                     |              |                     |
| .   |            |                   |              |                     |              |                     |
| .   |            |                   |              |                     |              |                     |
| n   |            |                   |              |                     |              |                     |

4. Zmontować kondensator o stałej wartości średnicy wewnętrznej  $2r_1$ . Następnie zmierzyć przy użyciu miernika pojemności wartość pojemności takiego kondensatora. Porównać wartości wyznaczone ze wzoru i zmierzone.
5. Zmontować kondensator całkowicie wypełniony dielektrykiem i zmierzyć pojemność takiego kondensatora.
6. Zmontować kondensator cylindryczny częściowo (do pewnej wysokości  $x$ ) wypełniony dielektrykiem i zmierzyć pojemność takiego kondensatora.

### III. Opracowanie wyników.

1. Wyznaczyć wartość przenikalności badanego materiału (imitującej ciecz), korzystając ze wzoru na pojemność kondensatora cylindrycznego.
2. Znając wymiary geometryczne kondensatora oraz wartość przenikalności badanej cieczy wyznaczyć wysokość słupa cieczy.

## C. POMIAR PRZEMIESZCZEŃ ODŁAMÓW KOSTNYCH METODĄ POJEMNOŚCIOWĄ

### I. Zestaw przyrządów:

1. Układ do pomiaru przemieszczeń kości zbudowany ze stabilizatora oraz czujnika pojemnościowego pomiaru małych deformacji.
2. Miernik pojemności.

### II. Przebieg pomiarów:

#### KALIBRACJA UKŁADU

W celu wyznaczenia pojemności doprowadzeń należy ustalić początkową odległość pomiędzy okładkami  $d_0$  i zmierzyć odpowiadającą jej pojemność  $C_0$ . Następnie należy rozsuwać okładki o znaną odległość za pomocą śruby mikrometrycznej i za każdym razem mierzyć odpowiadającą jej pojemność. W tabeli należy notować zarówno wskazanie śruby  $x$  jak i wskazanie miernika  $C$ .

*UWAGA! Wartość na śrubie mikrometrycznej nie jest rzeczywistą odległością okładek, używa się jej tylko do obliczenia przyrostu odległości.*

Tabela 1. Pomiar odległości początkowej.

|            |  |
|------------|--|
| $x_0$ [mm] |  |
| $C_0$ [pF] |  |
| $d_0$ [mm] |  |

Tabela 2. Kalibracja układu.

| L<br>p. | $x$ [mm] | $\Delta x$ [mm] | $C$ [pF] | $\Delta C$ [pF] | $d$ [mm] | $\Delta d$ [mm] | $\frac{1}{d}$ [ $\frac{1}{mm}$ ] | $\Delta\left(\frac{1}{d}\right)$ [ $\frac{1}{mm}$ ] |
|---------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1       |          |                 |          |                 |          |                 |                                  |                                                     |
| .       |          |                 |          |                 |          |                 |                                  |                                                     |
| .       |          |                 |          |                 |          |                 |                                  |                                                     |
| n       |          |                 |          |                 |          |                 |                                  |                                                     |

Opracowanie wyników:

- Początkową odległość między okładkami  $d_0$  należy wyznaczyć na podstawie pierwszego pomiaru pojemności  $C_0$  ze wzoru:

$$d_0 = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{C_0}$$

- Kolejne odległości  $d$  oblicza się poprzez dodanie do odległości początkowej przyrostu odległości odczytanego ze śruby mikrometrycznej

$$d_n = d_0 + (x_n - x_0)$$

- Pojemność doprowadzeń  $C_{dop}$  należy odczytać z wykresu zależności  $C = f\left(\frac{1}{d}\right)$ . Jest to punkt przecięcia się wykresu z osią OY.

### **POMIARY PRZEMIESZCZEŃ**

Przed każdą serią pomiarową należy ustalić następujące dane:

- Zestaw mas obciążających ( $m$ )
- Odległość igły pomiarowej od głowicy ( $x$ ) - Rys. 1
- Długość wszczepu kostnego od głowicy do modelu kości ( $l$ ) - Rys. 1
- Zestaw okładek kondensatora użytego w ćwiczeniu o różnych wymiarach ( $S$ )

Ilość serii i konfigurację jej parametrów określa prowadzący przed wykonaniem ćwiczenia.

W każdej serii należy wykonać następujące czynności:

- Zbliżyć okładki kondensatora na minimalną możliwą odległość niepowodującą zwarcia (przy użyciu śruby mikrometrycznej) – maksymalna pojemność
- Zanotować odpowiadającą tej odległości pojemność
- Mierzyć pojemność po nałożeniu każdego z ciężarków

Pomiary dla każdej konfiguracji parametrów należy powtórzyć kilkakrotnie (ilość powtórzeń ustala prowadzący).

Tabela 3. Serie pomiarów przemieszczeń.

| Lp. | $x$<br>[mm] | $l$<br>[mm] | $m$<br>[g] | $C_{zm}$<br>[pF] | $C$<br>[pF] | $\Delta C$<br>[pF] | $\Delta d$<br>[mm] | $\Delta l$<br>[mm] |
|-----|-------------|-------------|------------|------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1   |             |             |            |                  |             |                    |                    |                    |
| .   |             |             |            |                  |             |                    |                    |                    |
| .   |             |             |            |                  |             |                    |                    |                    |

|   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| n |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|

### III. Opracowanie wyników.

- Wyznaczyć rzeczywistą pojemność układu w każdym zmierzonym przypadku

$$C = C_{zm} - C_{dop}$$

- Obliczyć początkową odległość okładek dla układu nieobciążonego

$$d_0 = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{C_0}$$

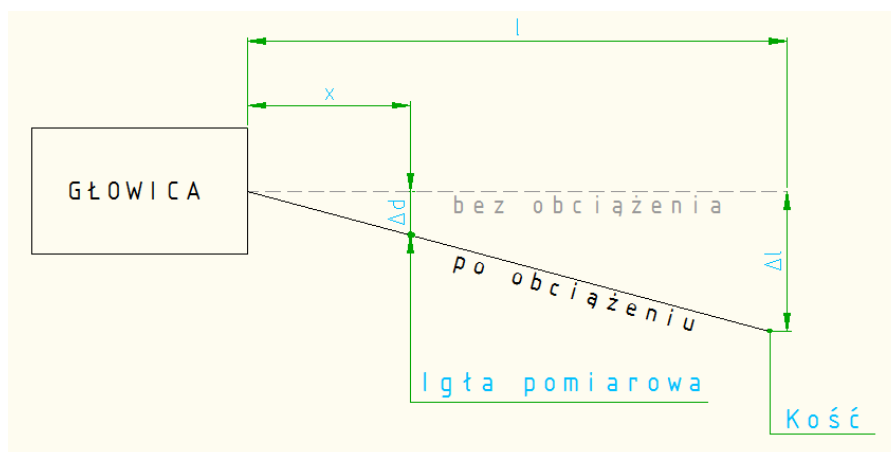
- Wyznaczyć różnice pojemności pomiędzy każdymi kolejnymi pomiarami

$$\Delta C_n = C_n - C_0$$

- Obliczyć deformację w miejscu pomiaru

$$\Delta d = \frac{\Delta C \cdot d^2}{\varepsilon_0 \cdot S}$$

- Wyznaczyć przemieszczenia kości z twierdzenia Talesa



Rys. 1. Dane do twierdzenia Talesa.

$$\Delta l = \frac{\Delta d}{x} * l$$

- Uśrednić otrzymane wartości przemieszczeń dla każdej z mierzonych konfiguracji parametrów.
- Umieścić na jednym wykresie zależności  $\Delta l = f(m)$  dla każdej konfiguracji parametrów.
- Przeprowadzić rachunek niepewności.
- Odpowiedzieć na pytanie jak zmiana poszczególnych parametrów wpływa na pomiar?

