

## Ćwiczenie E4

# Pomiar pojemności kondensatorów za pomocą mostka Wheatstone'a

### E4.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pomiar pojemności pojedynczych kondensatorów oraz układu kondensatorów połączonych szeregowo i równoległe z wykorzystaniem mostka prądu zmiennego (mostek Wheatstone'a).

### E4.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Pojęcie prądu elektrycznego,
- wielkości opisujące prąd zmienny,
- pojemność elektryczna,
- pojemność kondensatora,
- rezystor i kondensator w obwodzie prądu zmiennego,
- prawo Ohma i opór elektryczny odcinka przewodnika,
- potencjał elektryczny i napięcie elektryczne,
- I i II prawo Kirchhoffa,
- szeregowe i równoległe łączenie kondensatorów.

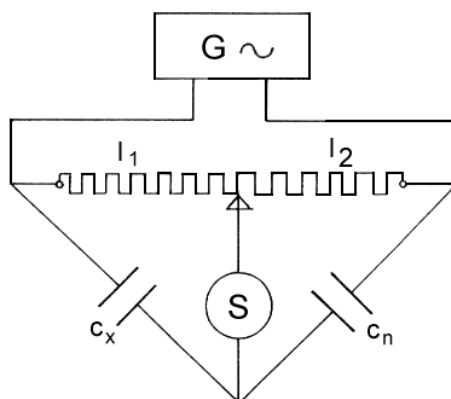
### E4.3. Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz.3*, PWN, Warszawa.
- [2] Bobrowski Cz.: *Fizyka – krótki kurs*, WNT, Warszawa.
- [3] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, <http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

#### E4.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

##### Układ doświadczalny

Rysunek E4.1 przedstawia schemat mostkowego układu pomiarowego, rysunek E4.2 jego zdjęcie z zaznaczonymi podstawowymi elementami zestawu: **1** — generator prądu zmiennego, **2** — zestaw kondensatorów o znanej i nieznannej pojemności, **3** — kondensator dekadowy, **4** — struna z drutu oporowego z ruchomym ślizgaczem i podziałką milimetrową, **5** — wskaźnik równowagi mostka - słuchawki, **6** — płytka połączeniowa.



Rysunek E4.1. Schemat układu pomiarowego

##### Przebieg doświadczenia

1. Zestawić układ pomiarowy według schematu, wykorzystując płytkę z gniaздkami (**6**) do podłączenia kondensatora o nieznannej wartości  $C_x$ . Dla wygody kondensator ten powinien być włączony w lewej gałęzi mostka. Pojemność kondensatora dekadowego (**3**) i niektórych kondensatorów z zestawu (**2**),  $C_n$ , uważamy za znaną – jest to pojemność wzorcowa mostka. Częstotliwość generatora powinna zawierać się w przedziale 1–5 kHz (zakres największej czułości ucha); pokrętko regulacji amplitudy ustawić na ok. 1/2 zakresu.
2. Zrównoważyć mostek kolejno dla kilku kondensatorów o nieznannej pojemności (wyboru kondensatorów dokona osoba prowadząca ćwiczenie). W tym celu, po włączeniu generatora, należy przesuwac ślizgacz po drucie oporowym do momentu aż poziom dźwięku w słuchawkach będzie możliwie niski. Uwaga:



Rysunek E4.2. Zdjęcie układu pomiarowego

- położenie punktu równowagi mostka na strunie oporowej zależy od stosunku pojemności kondensatorów  $C_x$  i  $C_n$ . Należy pamiętać, że pomiar będzie najdokładniejszy, gdy mostek da się zrównoważyć w centralnej części struny. Stąd też pomiar należy przeprowadzać etapowo, zbliżając sukcesywnie wartość kondensatora wzorcowego  $C_n$  do rzędu wielkości wartości kondensatora mierzonego  $C_x$ ; wówczas mostek będzie się równoważył w pobliżu środka struny. Po osiągnięciu stanu równowagi należy odczytać pojemność kondensatora wzorcowego  $C_n$  i położenie ślizgacza na skali milimetrowej listwy (wartości  $l_1$  i  $l_2$  na rysunku E4.1).
3. Powtórzyć powyższe czynności w przypadku kilku układów kondensatorów połączonych szeregowo i równolegle (połączenia zestawiamy wykorzystując płytkę (6)). Można w tym celu użyć kondensatorów o znanych już wartościach, wybranych przez osobę prowadzącą ćwiczenie.
  4. Po zakończeniu pomiarów należy wyłączyć zasilanie generatora.

### Zadania do wykonania

- E4.1. Obliczyć pojemność pojedynczych kondensatorów o nieznannej wartości.
- E4.2. Obliczyć pojemność układów kondensatorów połączonych szeregowo i rów-

nolegle. Wyniki porównać z rezultatami obliczeń pojemności wypadkowych na podstawie odpowiednich wzorów.

#### Uzupełnienie do zadań E4.1 i E4.2

Stosowany w ćwiczeniu układ mostkowy jest analogiczny do układu stałoprądowego mostka Wheatstone'a, używanego w ćwiczeniu E3 (zaleca się porównanie obu schematów ideowych oraz przestudiowanie wyprowadzenia wzoru na wyznaczenie  $R_x$ ). Ze względu na właściwości kondensatorów, mostek taki zasilany jest prądem zmiennym. W stanie równowagi mostka położenie suwaka  $D$  na strunie jest takie, że przez słuchawki  $S$  nie płynie prąd (rysunek E4.1) i słuchawki nie emitują dźwięku. Spełniony jest wówczas warunek proporcjonalności oporów pojemnościowych i omowych w gałęziach mostka:

$$\frac{Z_n}{Z_x} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (\text{E4.1})$$

Podstawiając do powyższego wzoru wyrażenie opisujące opór pojemnościowy kondensatora, otrzymujemy

$$\frac{C_x}{C_n} = \frac{R_2}{R_1}, \quad (\text{E4.2})$$

gdzie  $R_1$  jest oporem odcinka struny o długości  $l_1$ , zaś  $R_2$  – oporem odcinka tej samej struny o długości  $l_2$ . Ostatecznie

$$C_x = C_n \frac{l_2}{l_1}. \quad (\text{E4.3})$$

#### E4.5. Rachunek niepewności

Niepewność pomiaru  $l_1$  i  $l_2$  oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie podziałki użytego przymiaru liniowego. Ponieważ kondensator dekadowy  $C_n$  jest bardzo precyzyjny, w warunkach ćwiczenia jego niepewność można uważać za równą zero.

Niepewność wyznaczenia wartości pojemności liczymy jako niepewność wielkości złożonej.