

# Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра «Фізика»

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3.2

### „Визначення електричної ємності конденсатора за допомогою лічильного пристрою ПС-100”

**Роботу виконав:** студент(ка)

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по-батькові)

\_\_\_\_\_ (курс)

\_\_\_\_\_ (група)

«    » \_\_\_\_\_ 200 р.

**Роботу прийняв:**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали викладача)

\_\_\_\_\_ (посада)

**Оцінка:**

за знання теорії \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (оцінка, бал)

за провед. експер. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (оцінка, бал)

підсумкова \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (оцінка, бал)

\_\_\_\_\_ (дата й підпис викладача)

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3.2

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЄМНОСТІ КОНДЕНСАТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ ЛІЧИЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПС-100

**Мета роботи:** вивчення поняття електричної ємності, методів її експериментального вимірювання, визначення електричної ємності конденсаторів та їх паралельного і послідовного з'єднань.

**Прилади й матеріали:** лабораторний макет.

#### Теоретичні відомості

Електрична ємність —  $C$ , скалярна фізична величина, яка є характеристикою здатності провідника накопичувати електричний заряд будучи під потенціалом, і визначається формулою

$$C = \frac{Q}{V},$$

де  $Q$  — заряд провідника або обкладки конденсатора,  $V$  — потенціал провідника чи різниця потенціалів між обкладками конденсатора. Електрична ємність визначається геометричними розмірами провідника, його формою та електричними властивостями навколишнього середовища і не залежить від матеріалу провідника. У СІ одиниця електричної ємності — фарад

$$[C]_{SI} = \Phi.$$

Існує кілька методів вимірювання ємності конденсаторів. У цій роботі конденсатор спочатку заряджається до деякої напруги, а потім розряджається через генератор імпульсів, який формує при цьому серію імпульсів; кожен імпульс відповідає малому заряду  $Q_0$ , який переходить від конденсатора до генератора. Особливістю генератора, який використовується в даній роботі є те, що величина  $Q_0$  є постійною. Тому кількість імпульсів визначається співвідношенням

$$N = \frac{Q}{Q_0}.$$

Заряд та ємність конденсатора дорівнюють відповідно:

$$Q = NQ_0, \quad C = N \frac{Q}{V},$$

тобто ємність конденсатора є прямо пропорційною кількості імпульсів.

Для визначання кількості імпульсів використовується лічильний пристрій ПС-100.

Метод експериментального визначення електричної ємності конденсатора в даній роботі полягає у порівнянні електричної ємності  $C_x$  невідомого

конденсатора з електричною ємністю  $C_0$  відомого конденсатора. Припустимо, що при розряджанні конденсатора  $C_0$  кількість імпульсів дорівнює  $N_0$ , тобто

$$C_0 = \frac{N_0 Q_0}{V}. \quad (3.1)$$

Аналогічно електрична ємність невідомого конденсатора пов'язана з кількістю імпульсів  $N_x$  формулою:

$$C_x = \frac{N_x Q_0}{V}. \quad (3.2)$$

З формул (1) та (2) знаходимо електричну ємність невідомого конденсатора:

$$C_x = C_0 \frac{N_x}{N_0}. \quad (3.3)$$

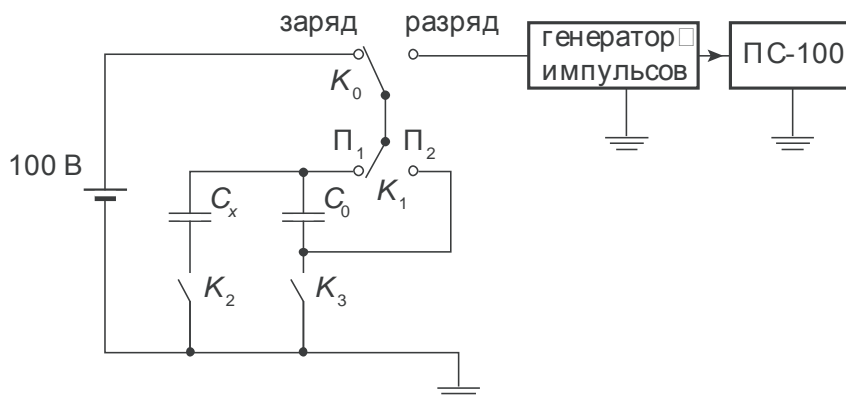
Перевіримо теоретичне співвідношення для визначення електричної ємності  $C_{нар}$  паралельного та  $C_{носл}$  послідовного з'єднання двох конденсаторів:

$$C_{нар} = C_1 + C_2, \quad C_{носл} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

У межах похибок теоретичні значення повинні відповідати експериментальним:

$$C_{нар}^{теор} = C_{нар}^{експ}, \quad C_{носл}^{теор} = C_{носл}^{експ}.$$

Для зменшення похибок вимірювання кожної величини вимірювання виконуються три рази та знаходять середні значення величин  $N_0$ ,  $N_x$ ,  $N_{нар}$ ,  $N_{носл}$ , а потім визначаються величини  $C_x$ ,  $C_{нар}$  та  $C_{носл}$  за формулою (3.3).



Принципова схема лабораторного макета

## Послідовність виконання роботи

1. Ввімкнути пристрій ПС-100. Після прогріву (5-10 хв.) перевірити готовність приладу. Для цього треба натиснути кнопку «перевірка» та контролювати покази приладу: якщо він підраховує імпульси внутрішнього генератора, то прилад готовий до роботи. Натисніть кнопки «стоп» і «сброс».
2. Перевести прилад у режим вимірювання, натиснувши послідовно кнопки «пуск» та «сброс».
3. Знаходження кількості імпульсів для конденсатора  $C_0$ . Переведіть тумблер  $\mathcal{K}$  в положення «П<sub>1</sub>»,  $\mathcal{K}_1$  — в положення «выкл»,  $\mathcal{K}_2$  — в положення «вкл»,  $\mathcal{K}_3$  — «заряд». При цьому конденсатор заряджається до напруги 100 В від джерела напруги. Переведіть тумблер  $\mathcal{K}$  у положення «разряд» — конденсатор розряджається через генератор імпульсів, кількість яких підраховує пристрій ПС-100. Після повного розрядження конденсатора генерація імпульсів зупиняється. У такий спосіб визначається кількість імпульсів  $N_0$ , що відповідає ємності  $C_0$ . Натисніть кнопку «сброс» для того, щоб підготувати ПС-100 до наступного вимірювання. Зробіть не менш ніж 3 вимірювання значення  $N_0$ .
4. Знаходження кількості імпульсів для конденсатора  $C_x$ . Переведіть тумблер  $\mathcal{K}$  — в положення «вкл»,  $\mathcal{K}_1$  — в положення «выкл». При цьому у схему підключається конденсатор  $C_x$ . Зробіть вимірювання  $N_x$  за методикою, яка описана в п. 3, не менш ніж 3 рази, знайдіть середнє значення величини  $N_x$ .
5. Знаходження кількості імпульсів для конденсаторів  $C_0$  та  $C_x$ , які ввімкнуті паралельно. Переведіть тумблер  $\mathcal{K}$  — в положення «вкл». При цьому обидва конденсатори вмикаються паралельно. Зробіть вимірювання  $N_{пар}$  за методикою, яка описана в п. 3, не менш ніж 3 рази, знайдіть середнє значення величини  $N_{пар}$ .
6. Знаходження кількості імпульсів для конденсаторів  $C_0$  та  $C_x$ , які ввімкнуті послідовно. Переведіть тумблер  $\mathcal{K}$  у положення «П<sub>2</sub>»,  $\mathcal{K}_1$  — в положення «вкл»,  $\mathcal{K}_2$  — в положення «выкл». При цьому конденсатори вмикаються послідовно. Зробіть вимірювання  $N_{посл}$  за методикою, яка описана в п. 3, не менш ніж 3 рази, знайдіть середнє значення величини  $N_{посл}$ .
7. Після виконання роботи вимкнути установку.

## Контрольні питання

1. Що називається електричною ємністю?
2. Які речовини називаються провідниками?
3. Що називається екіпотенціальними поверхнями?

4. Який вид мають еквіпотенціальні поверхні однорідного електричного поля? Поля точкового заряду?
5. Чому дорівнює напруженість електричного поля рівномірно зарядженої нескінченної площини?
6. Як залежить ємність плоского конденсатора від його розмірів?
7. Яка одиниця ємності в SI? Виразіть в одиницях SI ємність конденсаторів: 4 мкФ, 5 пФ, 100 нФ.
8. Виведіть формулу для визначення електричної ємності при паралельному включенні конденсаторів.
9. Виведіть формулу для визначення електричної ємності послідовно включених конденсаторів.
10. Виведіть робочу формулу для електричної ємності невідомого конденсатора для цієї роботи.

### Звіт за виконану роботу

#### 1 Робочі формули:

$$C_x = C_0 \frac{N_x}{N_0} \text{ — ємність невідомого конденсатора,}$$

$$C_{\text{пар}} = C_0 \frac{N_{\text{пар}}}{N_0} \text{ — ємність паралельного з'єднання двох конденсаторів,}$$

$$C_{\text{посл}} = C_0 \frac{N_{\text{посл}}}{N_0} \text{ — ємність послідовного з'єднання двох конденсаторів.}$$

#### 2 Величини, що вимірюються:

$N_0$  — кількість імпульсів для конденсатора  $C_0$ ,

$N_x$  — кількість імпульсів для конденсатора  $C_x$ ,

$N_{\text{пар}}$  — кількість імпульсів для конденсаторів, з'єднаних паралельно,

$N_{\text{посл}}$  — кількість імпульсів для конденсаторів, з'єднаних послідовно.

#### 3 Задані величини:

$$C_0 = (2 \pm 0,1) \times 10^{-6} \text{ Ф — для першого макету,}$$

$$C_0 = (6 \pm 0,3) \times 10^{-6} \text{ Ф — для другого макету;}$$

$$\frac{\Delta N_x}{N_x} = \frac{\Delta N_0}{N_0} = 5\% \text{ — інструментальна похибка пристрою ПС-100,}$$

#### 4 Величини, що обчислюються:

$C_x$  — електрична ємність конденсатора  $C_x$ ,

$C_{\text{пар}}$  — електрична ємність конденсаторів, з'єднаних паралельно,

$C_{\text{посл}}$  — електрична ємність конденсаторів з'єднаних послідовно.

## 5 Результати експерименту

| № досліду        | $N_0$                   | $N_x$                   | $N_{\text{нар}}$                   | $N_{\text{посл}}$                   |
|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                |                         |                         |                                    |                                     |
| 2                |                         |                         |                                    |                                     |
| 3                |                         |                         |                                    |                                     |
| Середнє значення | $\langle N_0 \rangle =$ | $\langle N_x \rangle =$ | $\langle N_{\text{нар}} \rangle =$ | $\langle N_{\text{посл}} \rangle =$ |

Результати експерименту підтверджую \_\_\_\_\_  
(дата й підпис викладача)

## 6 Обробка результатів експерименту

$$C_x = C_0 \frac{\langle N_x \rangle}{\langle N_0 \rangle} = \text{_____} = \Phi$$

$$C_{\text{нар}} = C_0 \frac{\langle N_{\text{нар}} \rangle}{\langle N_0 \rangle} = \text{_____} = \Phi$$

$$C_{\text{посл}} = C_0 \frac{\langle N_{\text{посл}} \rangle}{\langle N_0 \rangle} = \text{_____} = \Phi$$

Визначення відносної похибки:

$$\ln C_x = \ln \left( C_0 \frac{N_x}{N_0} \right) = \ln C_0 + \ln N_x - \ln N_0,$$

$$\frac{dC_x}{C_x} = \frac{dC_0}{C_0} + \frac{dN_x}{N_x} - \frac{dN_0}{N_0},$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \sqrt{\left( \frac{\Delta C_0}{C_0} \right)^2 + \left( \frac{\Delta N_x}{N_x} \right)^2 + \left( \frac{\Delta N_0}{N_0} \right)^2}.$$

Таким чином, відносна похибка

$$\varepsilon = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \sqrt{\text{_____} + \text{_____} + \text{_____}} = \sqrt{\text{_____}} =$$

Абсолютна похибка  $\Delta C_x = C_x \cdot \varepsilon = \Phi$ .

Тоді ємність невідомого конденсатора дорівнює

$$C_x = \langle C_x \rangle \pm \Delta C_x =$$

7 За відомими значеннями  $C_0$  та  $C_x$  знайдіть значення  $C_{пар}^{теор}$  та  $C_{посл}^{теор}$ , порівняйте їх з експериментально отриманими значеннями  $C_{пар}^{експ}$  та  $C_{посл}^{експ}$ :

8

$$C_{пар}^{теор} = C_0 + C_x = \quad , \quad C_{пар}^{експ} = \quad ;$$

$$C_{посл}^{теор} = \frac{C_0 \cdot C_x}{C_0 + C_x} = \quad , \quad C_{посл}^{експ} = \quad .$$

9 Висновки:

---

---

---

---

---