

**М.Г. Цілінко,**  
кандидат педагогічних наук, професор;  
**М.В. Федьович,**  
старший викладач;  
**В.Л. Рудніцький,**  
асистент  
(Житомирський педуніверситет)

### ЕЛЕКТРОННИЙ ПІКОФАРАДОМЕТР В НАВЧАЛЬНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

У статті розглянуто питання використання електронного пікофарадометра у навчальному фізичному експерименті. Запропоновано прилад власної конструкції для вимірювання ємності. Розглянуто приклади використання приладу при вивченні фізики.

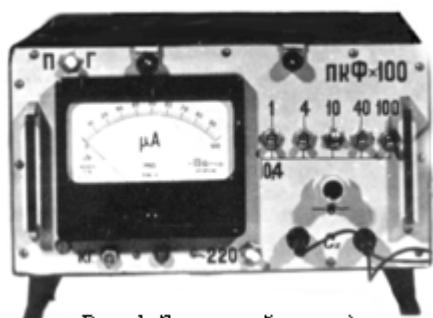


Рис. 1. Загальний вигляд.

Балістичний метод вимірювання ємності є досить наочним і корисним, особливо при введенні поняття “ємність”. Однак він потребує значної кількості часу; тому там, де треба встановити певні закономірності, він незручний. Останнім часом відчувається тенденція до прямих вимірювань фізичних величин у навчальному лабораторно-демонстраційному експерименті.

Використовуючи досить поширену мікросхему “Операційний інтегральний підсилювач К140УД8А”, ми створили чутливий до ємності прилад - пікофарадометр. Досліди, що проводяться з приладом, ефективні і переконливі. Схему пікофарадометра подано на рис. 1. Силевий трансформатор типу ТС-12-1 або ТС-14-2. Діодами VD1 і VD2 здійснюється випрямлення з подвоєнням напруги. На стабілотронах VD3 і VD4 отримується стабілізована напруга +9В і -9В, яка використовується для живлення мікросхеми. Тумблери SA3 - SA7 вмикають 5 діапазонів вимірювання ємності: 0...100, 0...400, 0...1000, 0...4000 і 0...10000 пкф. Діапазон 0...40 пкф працює, коли всі тумблери розімкнені. На передній панелі (рис.2) біля відповідних тумблерів вказані числа, що визначають розширення шкали, тобто множники 1;4;10;40;100 та загальним множником на 100. Прилад градуують, використовуючи конденсатори відомої ємності. Щоб запобігти впливу ємності підвідних провідників, спочатку приєднують підвідні провідники і змінним резистором R8 прилад встановлюють на нуль, а потім приєднують конденсатор. Прилад працює на принципі вимірювання середнього струму розряду конденсатора. Діод VD5 здійснює однопівперіодне випрямлення і на резисторі R3 отримується однопівперіодна пульсуюча напруга. Стабілотроном VD5 синусоїдальна напруга перетворюється в П-подібну. В перший півперіод змінного струму конденсатор CX через діод VD6 заряджається до напруги 9В. У другий півперіод через резистори R4, R3, R5 він розряджається. Середня напруга за період на резисторі R5 буде прямо пропорційна ємності конденсатора, а тому шкала приладу в пікофарадах буде лі-

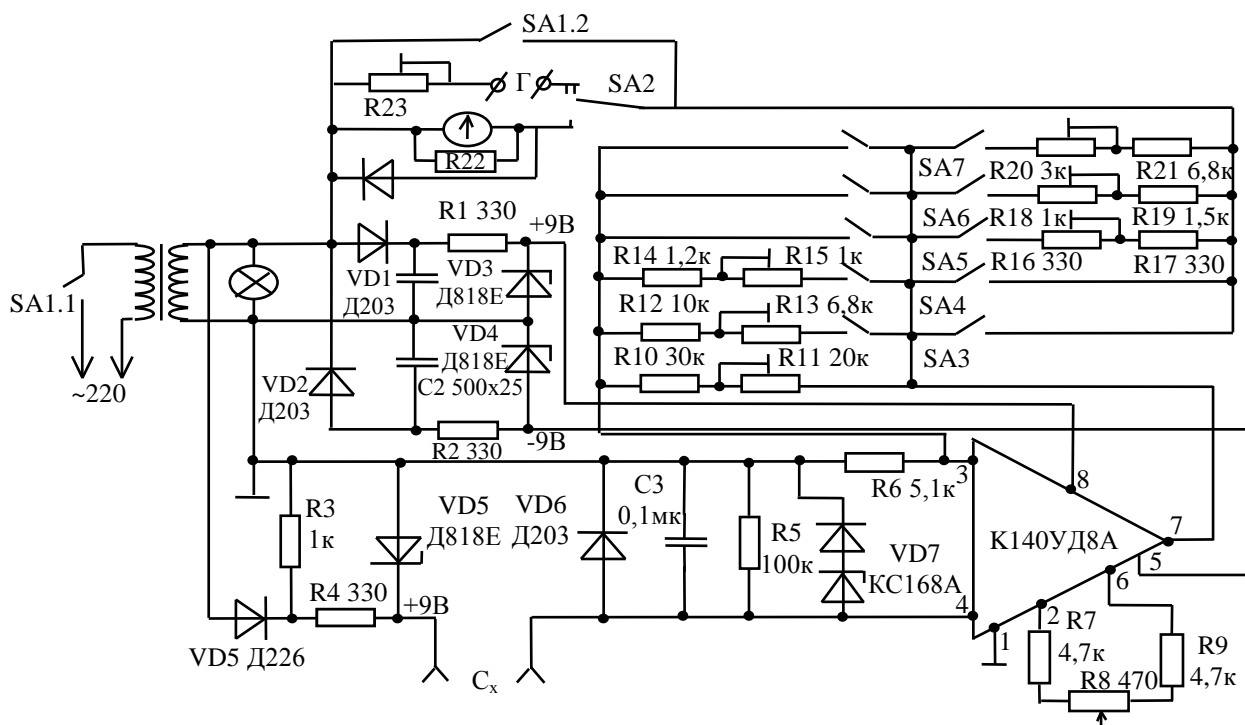


Рис. 2. Принципова схема пікофарадометра.

нійною, що дуже важливо при його градуванні.

Використання пікофарадометра можливе як і в лабораторному практикумі, так і в демонстраційному експерименті. Розглянемо декілька прикладів використання приладу.

### Демонстраційний експеримент

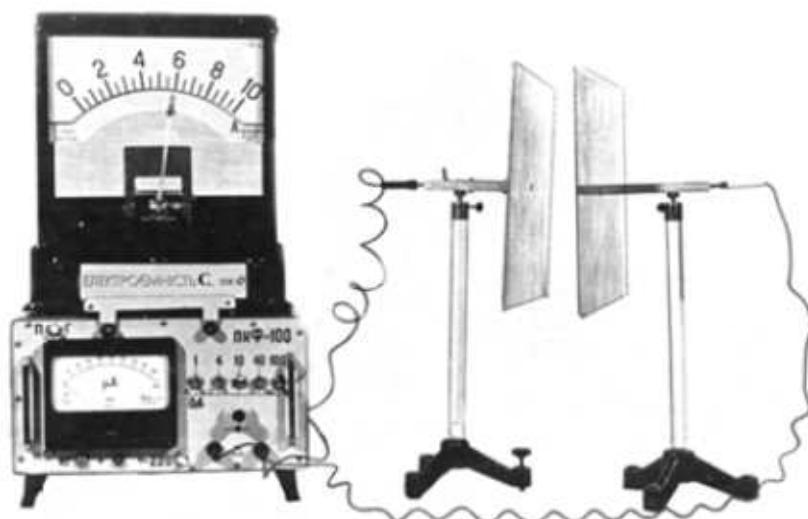


Рис. 3. Паралельні пласти конденсатора з діелектриком або без нього під час градування приладу

#### 1. Плоский конденсатор.

Два диски з листового алюмінію радіусом 10 см або прямокутники 10X20 см закріплюють на ізоляційних штативах. Провідники, що йдуть від дисків, приєднують до клем  $C_x$  (рис. 3). Вимірюють ємність при різних відстанях між дисками і різних площах їх перекриття, з діелектриком і без нього. Роблять відповідні висновки про залежність електричної ємності плоского конденсатора від відстані між пластинами, площі перекриття пластин і наявності діелектрика (діелектричної сталюї).

Ця демонстрація дозволяє з мінімальними витратами навчального часу ввести емпіричну формулу для обчислення ємності плоского конденсатора. В залежності від типу класу демонстрація може бути проведена до початку пояснення нового матеріалу (проблемний урок) або після подання нового матеріалу як закріплення та узагальнення знань, одержаних учнями на уроці.

#### 2. Конденсатор змінної ємності.

До клем  $C_x$  приєднують шкільний демонстраційний конденсатор змінної ємності (рис. 4). Показують, що його ємність змінюється в межах 50...800 пФ. Під час демонстрації необхідно зупинитися в крайніх положеннях (пластини повністю перекриваються, пластини зовсім не перекриваються), а також звернути увагу учнів (студентів) на зміну показів приладу в проміжних положеннях конденсатора. Зробити відповідні висновки.

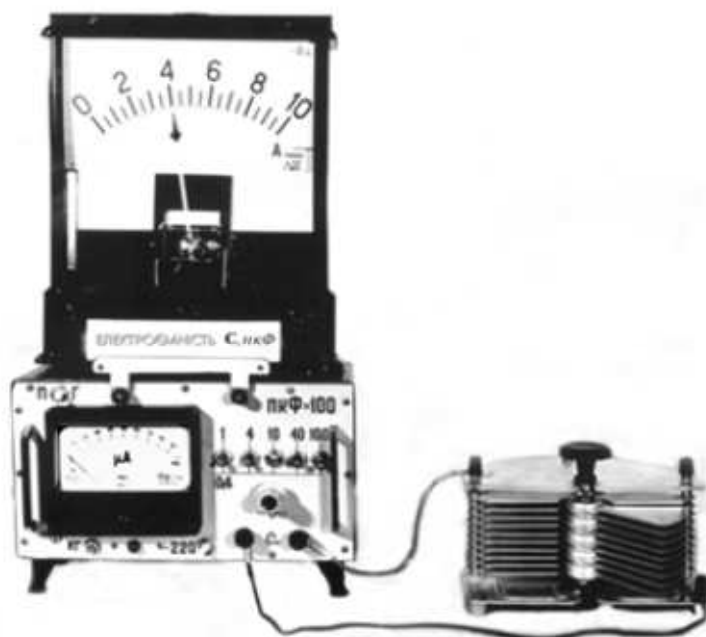


Рис. 4. Змінний конденсатор під час градування приладу

**Лабораторний практикум**

**1. Обчислення та вимірювання ємності плоского конденсатора.**

Учні визначають площу пластин та відстань між ними. Обчислюють ємність. Вимірюють ємність пікофарадометром. Порівнюють результати обчислень і вимірювань, заносять їх до таблиці:

<b>ОБЧИСЛЕНА ЄМНІСТЬ</b>			Виміряна ємність $C_{\phi}$	Розходження Значень $\Delta = \frac{C_p - C_{\phi}}{C_p} \cdot 100\%$
Площа пластини $S, m^2$	Відстань між пластинами $d, m$	Ємність конденсатора $C_p, \Phi$		

**2. Обчислення та вимірювання ємності конденсатора змінної ємності.**

У радіотехніці широко використовують конденсатори змінної ємності. Зміну ємності найчастіше здійснюють шляхом зміни площі перекриття пластини.

Учні ознайомлюються з будовою і дією шкільного конденсатора змінної ємності. Вимірюють площу пластини, середню відстань між пластинами, кількість рухомих і нерухомих пластин. На основі цих вимірювань обчислюють максимальну ємність. Вимірюють максимальну та мінімальну ємності. Спостерігають зміну ємності конденсатора при обертанні ротора. Розміщення приладів показано на рис. 4. Результати обчислень і вимірювань заносять до таблиці.

<b>ОБЧИСЛЕНА ЄМНІСТЬ</b>					Виміряна ємність $C_{\phi}, \Phi$	Розходження значень $\Delta = \frac{C_m - C_{\phi}}{C_m} \cdot 100\%$
Площа пла- стини $S, m^2$	Середня відстань між пластинами $d, m$	Кількість нерухомих пластин $N_1$	Кількість рухомих пластин $N_2$	Максималь- на ємність конденсатора $C_m, \Phi$		

**3. Визначення діелектричної проникності скла.**

Діелектричну проникність скла можна визначити, якщо виміряти ємність плоского конденсатора без діелектрика (нехай вона дорівнює  $C_0$ ). Виміряти ємність конденсатора, якщо простір між його обкладками повністю заповнити досліджуванним діелектриком (нехай вона дорівнює  $C$ ). Діелектрична проникність буде

$$\epsilon = \frac{C}{C_0} \tag{1}$$

Якщо товщина діелектрика менша від відстані між пластинами конденсатора, то діелектрична проникність

$$\epsilon = \frac{Cd_1}{C_0d - C(d - d_1)} \tag{2}$$

де  $C$  - ємність конденсатора при наявності діелектрика;  $d_1$  - товщина діелектрика;  $C_0$  - ємність конденсатора без діелектрика (виміряна раніше);  $d$  - відстань між пластинами.

У випадку, коли  $d_1 = d$ ,  $\epsilon = \frac{C}{C_0}$ .

Вимірюють відстань між пластинами конденсатора і товщину діелектрика. Приєднують конденсатор до пікофарадометра і вимірюють ємність. Вводять діелектрик (*листова скло*) у простір між пластинами і вимірюють ємність.

Результати вимірювань та обчислень заносять до таблиці:

Відстань між пластинами кон- денсатора $D, m$	Товщина діе- лектрика $d_1, m$	Ємність конден- сатора без діелект- рика $C_0, \Phi$	Ємність конденсатора при наявності діелектрика $C, \Phi$	Діелектрична про- никність $\epsilon = \frac{C}{C_0}$
--	--------------------------------------	---	--	---

Розглянуті вище роботи лабораторного практикуму і демонстрації доводять методичну правомірність прямих вимірювань ємності. Запропонований нами прилад дає можливість проводити такі вимірювання з достатньою точністю. Використання електронного пікофарадометра у навчальному фізичному експерименті дозволяє підвищити ефективність введення та закріплення поняття ємності.

Матеріал надійшов до редакції 05.07.99.

**Целинко М.Г., Федьович Н.В., Рудницкий В.Л. Электронный пикофарадометр в учебном эксперименте.**

*В статье рассмотрен вопрос использования электронного пикофарадометра в учебном эксперименте. Предложен прибор собственной конструкции для измерения электроемкости. Рассмотрены примеры применения прибора в школе.*

**Tsilynko M.H., Fedyovych M.V., Rudnitsky V.L. Electronic Picofaradmeter in an Instructional Experiment.**

*Application of the electronic picofaradmeter in an instructional experiment is considered. The authors offer an original device for electrocapacity measurement and give examples of its application at school.*