

Лабораторна робота №1

ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКЛИВОСТІ РЕЧОВИНИ

МЕТА РОБОТИ: освоїти методику вимірювання ємності конденсатора та визначення діелектричної проникливості речовини.

НЕОБХІДНІ ПРИЛАДИ: міст змінного струму Р577, металеві пластини, набір листових діелектриків.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

За величиною питомого опору ρ речовини поділяють на декілька груп. Серед них є метали та діелектрики. Метали добре проводять електричний струм ($\rho = 10^{-8} - 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$). Натомість діелектрики – погано ($\rho = 10^8 - 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$). Якщо в металах електрони провідності можуть вільно переміщатись, то в діелектриках заряди лише зміщуються (у межах розмірів молекул). У цьому випадку кажуть, що діелектрик поляризується. Сам процес зміщення додатних та від'ємних зарядів у різні сторони називають електричною поляризацією.

Кількісною мірою поляризації діелектрика в кожній конкретній його точці є вектор поляризації (поляризованість) \vec{P} . Так називають дипольний момент одиниці об'єму поляризованої речовини. Поляризованість ізотропного діелектрика пропорційна напруженості \vec{E} зовнішнього поля:

$$\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E} . \quad (1)$$

Тут $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – електрична стала, а безрозмірний коефіцієнт χ – діелектрична сприйнятливість.

Електричне поле в речовині є сумою зовнішнього поля та поля, створеного поляризацією діелектрика (наведеного). Його прийнято характеризувати вектором електричного зміщення:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = (1 + \chi) \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E} . \quad (2)$$

Безрозмірний коефіцієнт ϵ називають діелектричною проникливістю середовища. У вакуумі $\epsilon = 1$. Речовини мають діелектричну проникливість у діапазоні від одиниць до десятків тисяч.

На границі розділу двох діелектриків може змінюватись як величина, так і напрям напруженості \vec{E} електричного поля. За відсутності на границі вільних зарядів виконуються наступні умови: **по обидві сторони границі однаковими є тангенціальні складові E_τ напруженості електричного поля та нормальні складові D_n електричного зміщення**, що викладено в таких співвідношеннях:

$$E_{1\tau} = E_{2\tau}; \quad (3)$$

$$D_{1n} = D_{2n}. \quad (4)$$

Записуючи вирази (3) та (4) через кути β_1 і β_2 напрямку силових ліній біля границі розділу, та, враховуючи означення (2), матимемо:

$$E_1 \sin \beta_1 = E_2 \sin \beta_2; \quad (5)$$

$$\epsilon_1 E_1 \cos \beta_1 = \epsilon_2 E_2 \cos \beta_2. \quad (6)$$

З (5) та (6) отримуємо співвідношення між кутами β_1 та β_2

$$\frac{\operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}. \quad (7)$$

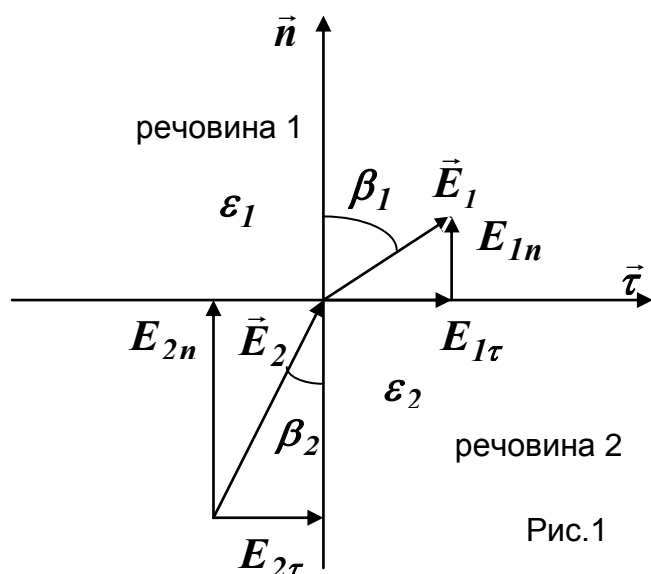


Рис.1

Зображена на рис.1 схема цих співвідношень побудована для випадку, коли $\epsilon_1 > \epsilon_2$. На рис.1 показано, як заломлюються силові лінії на границі двох діелектриків. Окрім ефекту заломлення, частина силових ліній закінчується (чи породжується) на зв'язаних зарядах діелектрика. Натомість лінії електричного зміщення \vec{D} на границі двох діелектриків не зазнають розривів.

Конденсатор – це два провідники (обкладки), розділені шаром діелектрика. (Всередині провідників електричне поле відсутнє, а біля поверхні існує виключно нормальна складова вектора \vec{E}). Заряджають конденсатор шляхом надання одній з його обкладок заряду $+q$, а другій $-q$. У такому випадку обкладки отримують різні потенціали

(φ_1 та φ_2). Ємністю C конденсатора називають коефіцієнт пропорційності між зарядом q на одній з його обкладок та напругою U між обкладками

$$q = C(\varphi_1 - \varphi_2) = CU. \quad (8)$$

Ємність конденсатора вимірюють у фарадах (Ф). Фарада – це ємність такого конденсатора, напруга на якому змінюється на 1В при наданні йому заряду 1Кл. Величина ємності конденсатора залежить як від форми, розмірів обкладок та відстані між ними, так і від діелектричної проникливості середовища, яке заповнює простір між обкладками. Для плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}. \quad (9)$$

Тут S – площа пластин конденсатора, а d – відстань між ними. Діелектрична проникливість ε показує, у скільки разів змінюється ємність конденсатора при внесенні в нього даної речовини. Знаючи ємність плоского конденсатора, можна обчислити діелектричну проникливість ε речовини:

$$\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S}. \quad (10)$$

Для вимірювання ємності конденсаторів сконструйовано спеціальні прилади. Одним із них є міст змінного струму Р577, який живиться напругою 4В, 20кГц (Генератор такої напруги знаходиться всередині приладу).

Короткі правила роботи з мостом:

1. Увімкнути прилад у мережу змінного струму та виставити режим вимірювання ємностей.
2. До клем приладу під'єднати конденсатор невідомої ємності.
3. Змінюючи поступово чутливість моста від мінімальної до оптимальної, перемикачем діапазонів та ручками грубої і точної настройки збалансувати міст. Зняти покази ємності.

ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитись із правилами роботи з мостом Р577. Детально правила роботи з мостом Р577 наведено на лівій боковій панелі приладу.
2. Виміряти площу S металевих пластин та товщину d діелектрика. Встановити діелектрик між металевими пластинами.
3. Під'єднати обкладки отриманого конденсатора до клем моста і поміряти ємність C .

- Відповідно до формули (10) обчислити діелектричну проникливість ϵ досліджуваної речовини.
- Дані вимірювань та обчислень занести в таблицю.

№ п/п	Речовина	S	d	C	ϵ	$\Delta\epsilon$
1						
2						
3						

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- Вказати різницю між металами та діелектриками. Дати порівняльну характеристику поведінки зарядів у них.
- Назвати розмірності напруженості електричного поля, електричного зміщення та електричної сталості.
- Вказати умови, які виконуються на границі двох діелектриків.
- Дати означення ємності конденсатора.
- Описати будову плоского конденсатора та записати формулу для обчислення його ємності.
- Як користуватися мостом змінного струму?

ЛІТЕРАТУРА

- Яворський Б.М. та інші. Курс фізики. – К.: Наукова думка, 1977, т.1.
- Сивухин Д.В. Общий курс физики. – М.: Наука, 1977, т.2.
- Похибки вимірювань у лабораторних роботах із фізики та способи їх кількісної оцінки. – Луцьк: 1990.
- Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з розділу “Електрика”. – Луцьк: ЛДТУ, 2000.