

**Лабораторна робота №3**  
**ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ**  
**РІДКИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ.**

**Мета роботи:** вивчити резонансний метод вимірювання діелектричної проникності.

**Діелектрики** - тіла, в яких практично відсутні вільні заряди, тобто практично не проводять електричний струм.

**Електричний диполь** - система двох рівних за модулем різнойменних точкових зарядів ( $q^-$ ,  $q^+$ ), жорстко закріплених між собою, відстань  $\lambda$  між якими значно менше відстані до даних точок поля.

$$\vec{P} = |q| \vec{l} - \text{дипольний момент.}$$

Діелектрики бувають двох типів:

**полярні** - речовини, молекули яких мають асиметричну будову, тобто центри позитивних і негативних зарядів не співпадають. Таким чином, ці молекули у відсутності зовнішнього електричного поля мають дипольний момент. За відсутності зовнішнього поля дипольні моменти полярних молекул, унаслідок теплового руху, зорієнтовані в просторі хаотично і їх результуючий момент дорівнює нулю.

Якщо діелектрик помістити в зовнішнє поле, то сили цього поля прагнуть повернути диполі уздовж поля і виникає відмінний від нуля результуючий момент.

**неполярні** - речовини, молекули яких мають симетричну будову, тобто центри позитивних і негативних зарядів у відсутності зовнішнього електричного поля співпадають і, отже, дипольний момент молекули  $\vec{P}$  дорівнює нулю.

Під дією зовнішнього електричного поля заряди неполярних молекул зміщуються в протилежні сторони (позитивні за полем, негативні проти поля) і молекула набуває дипольного моменту, за рахунок деформації електронних орбіт.

**Поляризацією діелектрика** називається процес орієнтації диполів або появи під впливом електричного поля орієнтованих за полем диполів, внаслідок чого діелектрик набуває відмінного від нуля дипольного моменту.

Вектор поляризації дорівнює сумі дипольних моментів в одиниці об'єму діелектрика:

$$\vec{P} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{P}_i}{V}$$

Вектор поляризації  $\vec{P}$  лінійно залежить від напруженості поля  $\vec{E}$  :

$$\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E}$$

$\chi$ - діелектрична сприйнятливості речовини.

Під дією поля діелектрик поляризується, тобто відбувається зсув зарядів: позитивні зміщуються за полем, негативні - проти поля. У результаті, біля негативної площини буде надлишок позитивних зарядів, біля позитивної площини - надлишок негативних зарядів (рисунок 1).

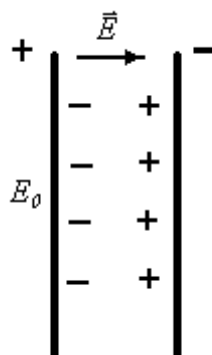


Рисунок 1 - Поляризація діелектрика

Ці некомпенсовані заряди, що з'являються в результаті поляризації діелектрика, називаються зв'язаними.

Поява зв'язаних зарядів призводить до виникнення додаткового електричного поля  $E'$ , яке спрямоване проти зовнішнього поля  $E_0$ , що створюється вільними електронами, і ослаблює його.

$$E = E_0 - E' - \text{поле усередині діелектрика.}$$

Зв'язані заряди, що виникають в діелектрику, можуть викликати перерозподіл вільних зарядів, що створюють зовнішнє поле.

Вектор зовнішнього електричного зсуву характеризує електростатичне поле, за наявності в ньому діелектрика.

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E} \quad \text{або} \quad \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

Діелектрична проникність  $\epsilon$  показує, у скільки разів електричне поле усередині ізотропного діелектрика менше напруженості зовнішнього поля. Для речовин  $\epsilon > 1$ , для повітря у багатьох випадках можна вважати  $\epsilon = 1$ .

Проникність  $\epsilon$  - одна з найважливіших характеристик речовини, що визначає її електричні і оптичні властивості. У таблиці надано величини  $\epsilon$  для деяких рідких діелектриків.

Таблиця 1.1

Речовина	$\epsilon$	Речовина	$\epsilon$	Речовина	$\epsilon$
Ацетон	21,5	Гліцерин	39,1	Скипидар	2,2
Бензин	2	Масло вазелінове	2	Спирт	25,4
Бензол	2,3	Масло касторове	4,6-4,8	Спирт етиловий	27
Вода	81	Масло	2,2		

Метод вимірювання діелектричної проникності речовини базується на порівнянні ємності  $C$  конденсатора, заповненого речовиною, з ємністю  $C_0$  повітряного конденсатора. Відношення  $C/C_0$  дорівнює діелектричній проникності  $\varepsilon$ . Визначення величини ємності зводять до знаходження власної частоти коливань контуру (рисунок 2)  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .

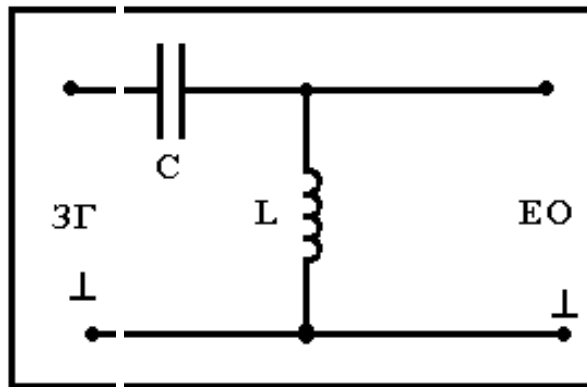


Рисунок 2 - Схема контуру

Для її визначення на контур подається напруга, частота якої змінюється. В умовах резонансу, тобто коли частота напруги, що подається, співпадає з власною частотою коливань контуру, спостерігається різке збільшення амплітуди напруги на ємності, що і реєструють за допомогою осцилографа. Визначивши власну частоту коливань контуру з повітряним конденсатором  $\omega_0$  і власну частоту  $\omega$  контуру з конденсатором, заповненим досліджуваною речовиною, знаходять діелектричну проникність речовини.

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0} = \frac{\omega_{0\text{сер}}^2}{\omega_{\text{сер}}^2} \quad (1.1)$$

## Загальний вигляд експериментальної установки



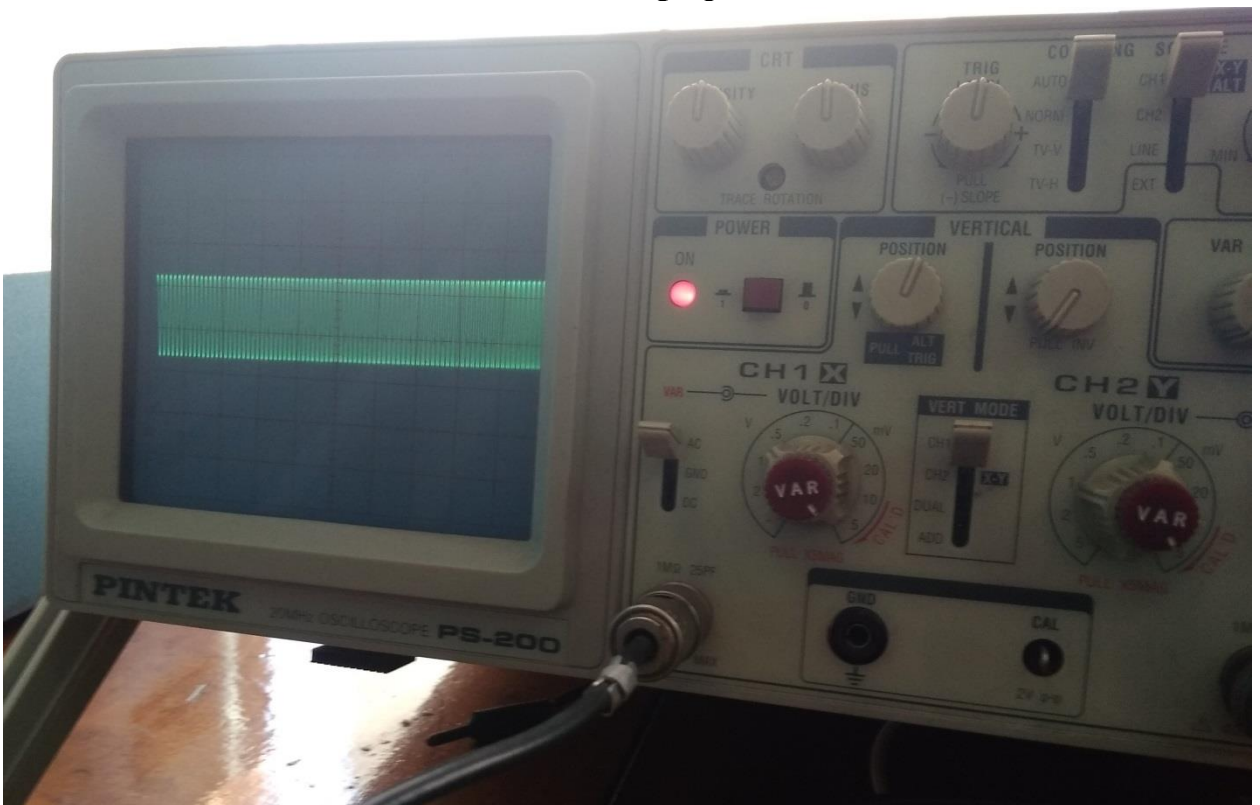
## Генератор сигналів



## Блок конденсаторів



## Осцилограф



## Порядок виконання роботи

1. Перемикач "L" встановити в положення "L1", перемикач "C" в положення "Co" - повітряний конденсатор.
2. Змінюючи частоту вихідної напруги генератора ручкою "Частота Hz", добитися максимального відхилення променя на екрані осцилографа. Якщо промінь виходить за межі екрану, ручку "Підсил. Вольт/под." перевести в положення "2" або "5". Власна частота коливань контуру з повітряним конденсатором  $\omega_0$  визначається на індикаторі генератора.
3. Визначення частоти  $\omega_0$  (п.2) повторити ще двічі.
4. Перемикач "C" перевести в положення "Ci" - конденсатор з досліджуваною речовиною (за вказівкою викладача).
5. Аналогічно пп. 2, 3 визначити власну частоту  $\omega$  контуру з конденсатором, заповненим досліджуваною речовиною.
6. За формулою (1.1) знайти проникність  $\epsilon$  речовини.
7. Визначення власних частот  $\omega$  і  $\omega_0$ , діелектричній проникності  $\epsilon$  досліджуваної речовини (пп. 1 -б) повторити ще при трьох положеннях перемикача "L" - L2 і L3.
8. По трьом одержаним величинам  $\epsilon$  розрахувати середнє значення проникності  $\epsilon_{\text{сер}}$  і визначити вид досліджуваної речовини, порівнявши одержаний результату з величинами в таблиці 1.1.
9. Зробити висновки.

### Результати вимірювань і обчислень занести до таблиці 1.2

	$\omega_0,$ $\text{с}^{-1}$	$\omega_{0\text{сер}},$ $\text{с}^{-1}$	$\omega_1,$ $\text{с}^{-1}$	$\omega_{1\text{сер}},$ $\text{с}^{-1}$	$\epsilon_1$	$\epsilon_{1\text{сер}}$	$\omega_2,$ $\text{с}^{-1}$	$\omega_{2\text{сер}},$ $\text{с}^{-1}$	$\epsilon_2$	$\epsilon_{2\text{сер}}$	$\omega_3,$ $\text{с}^{-1}$	$\omega_{3\text{сер}},$ $\text{с}^{-1}$	$\epsilon_3$	$\epsilon_{3\text{сер}}$
L1	12900		2700				2280				8620			
	12910		2710				2268				8615			
	12890		2705				2295				8636			
L2	11570		2270				2090				7680			
	11560		2260				2067				7675			
	11575		2289				2095				7681			
L3	10300		2030				2530				7000			
	10320		2020				2520				6990			
	10305		2005				2546				7005			

### **Контрольні питання**

1. Типи діелектриків.
2. Диполь в однорідному електричному полі.
3. Поляризація діелектриків. Вектор поляризації.
4. Напруженість електричного поля усередині діелектрика. Вектор електричного зсуву.
5. Методика визначення проникності рідких діелектриків.