

Лабораторна робота № 3.1

Визначення ємності конденсаторів шляхом порівняння ємностей

Мета роботи: ознайомитися з одним із методів вимірювання електричної ємності конденсатора, виміряти значення невідомої ємності, перевірити обґрунтованість законів паралельних і послідовних з'єднань конденсаторів.

Прилади та аксесуари: віртуальний стенд «Визначення ємності конденсаторів методом порівняння ємностей».

КОРОТКА ТЕОРІЯ

Розглянемо конденсатор з ємністю C , який входить в схему (рис. 1). Якщо вимикач знаходиться в положенні 1, то конденсатор заряджається через опір R . Струм зарядки (розрядки) квазістациональний, так як кількість струму при кожному раз залишається однаковою на всіх ділянках незгладимо струмів провідної схеми. вони є закритими струмами, так як заряди не переміщуються через діелектрик конденсатора.

Припустимо, що опір R включає внутрішній опір джерела. Відповідно до другого закону Кірхгофа:

$$\varepsilon + U_C + (-IR) = 0$$

де ε – ЕРС джерела; U_C – це миттєве значення напруги, що створюється зарядами конденсатора; I – миттєве значенням струму, що створюється зарядами конденсатора.

Вважаючи, що: $U_C = \frac{q}{C}$ та $i = -\frac{dq}{dt}$, отримавмо: $\varepsilon + U_C + \frac{dU_C}{dt}RC = 0$

Це рівняння є диференціальним рівнянням першого порядку з постійними коефіцієнтами.

Інтегруючи, отримаємо: $\varepsilon + U_C = Ae^{-\frac{t}{RC}}$.

Постійна інтегрування A залежить від початкових умов. Якщо вважати, що відлік часу починається з моменту замикання ключа ($t = 0$, $U_C = 0$), то $A = \varepsilon$. Звідси: $U_C = -\varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$.

Знак мінус вказує на те, що при зарядці напруга конденсатора спрямована проти ЕРС джерела. У початковий момент часу $t = 0$ напруга на конденсаторі рівна нулю. Зі збільшенням часу

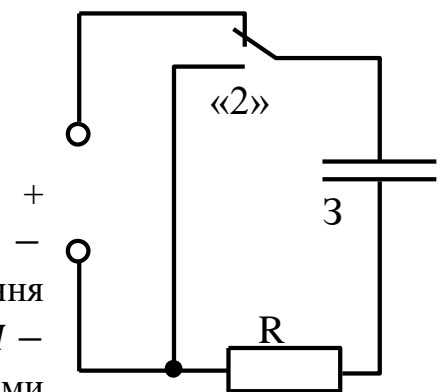


Рисунок 1

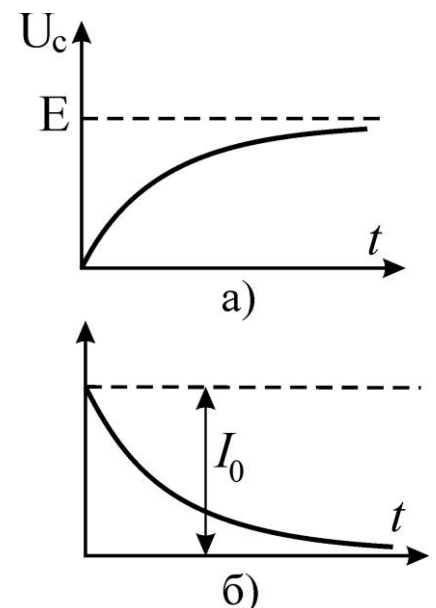


Рисунок 2

напруга на конденсаторі постійно збільшується і асимптотично наближається до ЕРС джерела (Рис. 2 а).

Залежність струму зарядки від часу має вигляд: $i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$

Струм найбільше значення в початковий момент часу і асимптотично прямує до нуля в процесі зарядки конденсатора (рис. 2,б).

Якщо перемикач перевертається в положення 2, конденсатор починає розряджатися через опір R . Для процесу розрядки рівняння має вигляд:

$$U_C + \frac{dU_C}{dt} RC = 0$$

Розв'язуючи дане рівняння враховуючи початкові умови ($t = 0, U_C = 0$),

В процесі розрядки конденсатора напруга на конденсаторі знижується і асимптотично наближається до нуля (рис. 3,а). Залежність струму розрядки від часу має таку ж форму (рис. 3б): $I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$.

Отримані формули показують, що теоретично процеси зарядки і розрядки протікають нескінченно.

На практиці процес вважається стаціонарним, коли різниця між зміною значення і її межею становить 5% від загальної зміни.

Час перехідного процесу можна визначити, припустивши, наприклад, $I = 0.05I_0$:

$$0.05I_0 = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Звідси $t = 3RC = \tau$. Значення $\tau = RC$ називається часом релаксації або постійною часу кола. Це значення показує час, протягом якого струм зарядки або розрядки конденсатора зменшується в $e = 2,71$ рази і становить 0,37 від його максимального значення.

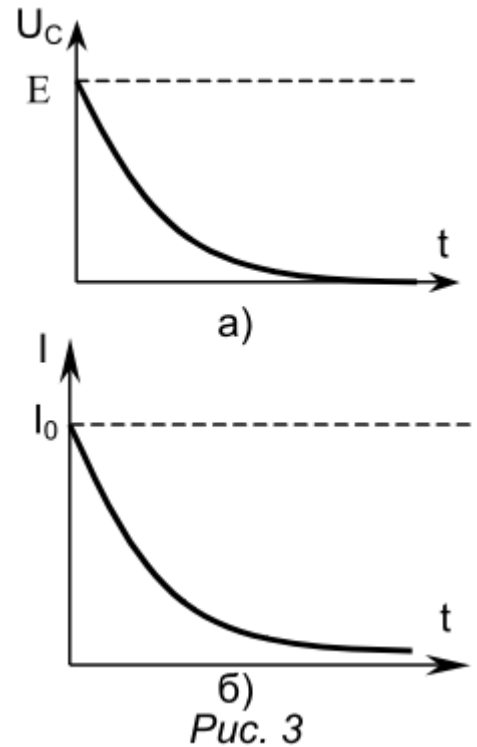


Рис. 3

Порядок виконання роботи.

1. Запустіть віртуальний стенд.



2. Встановіть напругу 2 В.
3. Натисніть кнопку «Зарядка».
4. Натисніть кнопку «Розрядка» (конденсатор розряджається через мікроампер). При цьому мікроампер показує струм розряду конденсатора, який пропорційний величині заряду конденсатора при заданій напрузі.
5. Повторіть пункти 3-4 кілька разів і запишіть середнє значення струму розряду для цієї напруги в таблиці.
6. Повторіть п. 3-5, змінивши напругу. Крок і межі зміни напруги підбираються самостійно.
7. Підключіть до ланцюга конденсатор з невідомою ємністю C_x .
8. Повторіть п. 2-6 для конденсатора з невідомою ємністю. Запишіть результати в таблиці.
9. Обчисліть невідому ємність конденсатора $C_x = C_0 \frac{\bar{I}_x}{\bar{I}_0}$
10. Знайдіть середнє значення невідомої ємності $\overline{C_x}$.

Таблиця 1

№ п/п	U, В	C ₀ , мкФ	I ₀ , μА	\bar{I}_0 , μА	I _x , μА	\bar{I}_x , μА	C _x , мкФ	\bar{C}_x , мкФ
1								
2								
3								
1								
2								
3								
1								
2								
3								

Висновок: _____

Контрольні питання.

1. Напишіть формулу ємності плоского конденсатора, поясніть, від чого вона залежить, в яких одиницях вона вимірюється. _____

2. Як пов'язана напруга на пластинах конденсатора і напруженість електричного поля E між пластинами. _____

3. Як зміняться вектори D і E , якщо збільшити напругу на конденсаторі? _____

4. Чи залежить величина струму, що протікає через конденсатор, від його ємності? _____
