

Тема 17. Енергія конденсатора. Енергія електростатичного поля.

Енергія W зарядженого до напруги U конденсатора, який має електроємність C і заряд q , дорівнює:

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2}.$$

Цю енергію можна також назвати енергією електростатичного поля, яке існує між обкладками конденсатора.

Енергія одиниці об'єму електростатичного поля (об'ємна густина енергії) обчислюється за формулою:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2},$$

де V – об'єм, який займає поле, E – напруженість поля. Для плоского конденсатора $V = Sd$ – об'єм між пластинами конденсатора.

Отже, енергію електричного поля в об'ємі V можна знайти за формулою:

$$W = \omega V = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} V.$$

Приклад 1. Напругу на обкладках конденсатора сталої ємності збільшують удвічі. Як зміниться енергія зарядженого конденсатора?

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2}.$$

Відповідь: зросте в 4 рази.

Приклад 2. Установіть відповідність між формулами та величинами, які можна обчислити за цими формулами.

1 $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	А Напруженість електричного поля точкового заряду
2 $k \frac{q}{r^2}$	Б Ємність плоского конденсатора
3 $\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$	В Енергія зарядженого конденсатора
4 $\frac{CU^2}{2}$	Г Кулонівська сила взаємодії двох точкових зарядів
	Д Робота електричного поля з переміщення заряду

Відповідь: 1 – Г, 2 – А, 3 – Б, 4 – В.

Приклад 3. До зарядженого конденсатора паралельно приєднують ще два такі самі конденсатори, але розряджені. Як зміниться загальна енергія електричного поля конденсаторів?

$C_1 = C$, $C_2 = 3C$. Сумарний заряд на трьох конденсаторах залишиться таким, який був на одному конденсаторі до їх приєднання.

$$W = \frac{q^2}{2C}$$

Відповідь: зменшиться в 3 рази.

Приклад 4. Імпульсна лампа фотоспалаху живиться від конденсатора ємністю 800 мкФ, який попередньо заряджено до напруги 300 В. Визначте енергію спалаху лампи за цілковитого розрядження конденсатора.

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{8 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2}{2} = 36 \text{ Дж.}$$

Відповідь: 36 Дж.

Приклад 5. Пластини плоского повітряного конденсатора мають форму половинок круга діаметром 10 см. Розташовані вони на відстані 0,5 мм. Конденсатор підключено до джерела живлення з напругою 120 В. Визначте заряд, який пройде через джерело живлення за цілковитого заповнення конденсатора діелектриком із діелектричною проникністю 7.

Під час заповнення конденсатора діелектриком, його ємність зростає, тому через джерело струму проходить заряд, який дорівнює $\Delta q = U \Delta C$. Збільшення ємності конденсатора можна обчислити за формулою:

$$\Delta C = C' - C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} - \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{d} (\epsilon - 1) = \frac{\epsilon_0 \frac{1}{8} \pi D^2}{d} (\epsilon - 1).$$

Остаточно

$$\Delta q = U \frac{\epsilon_0 \frac{1}{8} \pi D^2}{d} (\epsilon - 1) = 120 \cdot \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1}{8} \cdot 3,14 \cdot 0,1^2}{0,5 \cdot 10^{-3}} (7 - 1) = 5 \cdot 10^{-8} \text{ (Кл)}.$$

Відповідь: 50 нКл.

Домашнє завдання: № 530-538.