

План уроку 64

Тема: Електродинаміка.

Тема уроку: Електроємність. Конденсатори, з'єднання конденсаторів.

Мета уроку: сформувати знання про електроємність, будову, принцип дії та призначення плоского конденсатора; забезпечити засвоєння одиниць вимірювання електроємності, умовного позначення конденсаторів та визначення електроємності конденсатора, батареї конденсаторів, енергії зарядженого конденсатора; показати практичну значущість набутих знань на прикладі застосування конденсаторів; продовжити формування умінь застосовувати отримані знання на практиці.

Ємність провідника - це величина, що характеризує його здатність накопичувати заряд.

Якщо ми зарядимо відокремлений провідник, (такий що розміщений достатньо далеко від інших провідників) зарядом q , то він матиме потенціал φ (зрозуміло, однаковий в усіх точках цього провідника). будемо змінювати заряд ($q_1, q_2, q_3 \dots q_n$) і, відповідно, потенціал нашого провідника становитиме $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots \varphi_n$). При цьому відношення заряду провідника до його потенціалу залишатиметься сталим. В випадку іншого за розмірами чи формою провідника це відношення буде іншим, але теж сталим.

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

$\varphi=1$, то q

$[C] = 1 \text{ Кл/1В} = 1 \text{ Ф (фарад)}$

Ємність не залежить а ні від заряду, а ні від потенціалу, а залежить лише від розмірів та форми провідника (тобто є його характеристикою) і від середовища, в якому знаходиться провідник (від його відносної діелектричної проникності)

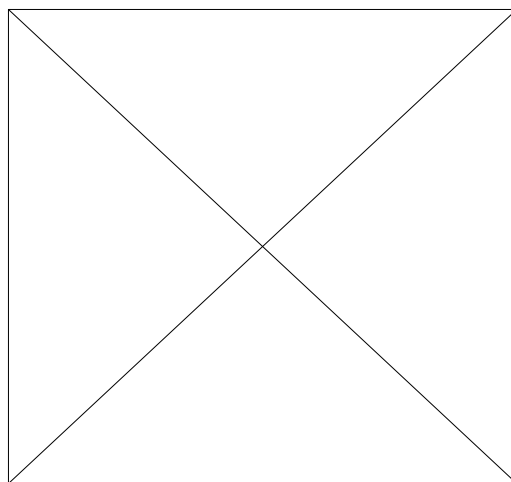
Наприклад, для кулі:

$$\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}$$

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r$$

Під час зарядження двох провідників між ними виникає різниця потенціалів **чи напруга**. Із підвищенням напруги електричне поле між провідниками підсилюється.

Чим меншим є зростання напруги між провідниками зі збільшенням заряду, тим більший заряд можна накопичити. Напруга U між двома провідниками пропорційна величині електричних зарядів, утворених на провідниках. Тому відношення заряду q одного з провідників до різниці потенціалів між цими провідниками не залежить від заряду. Воно визначається геометричними розмірами провідників, їх формою і взаємним розміщенням та електричними властивостями навколишнього середовища



(діелектричною проникністю ξ).

Це дозволяє ввести поняття **електроємності двох провідників**. Електроємністю двох провідників називають відношення заряду одного з провідників до різниці потенціалів між цим провідником і сусіднім:

$$C = \frac{q}{U}$$

.У СІ одиниця вимірювання електроємності - фарад: $[C] = \text{Кл/В} = \text{Ф}$.

Електроємність двох провідників дорівнює 1 Ф, якщо у разі надання їм зарядів +1 Кл і -1 Кл між ними виникає різниця потенціалів 1 В.

Оскільки заряд 1 Кл дуже великий, то й ємність 1 Ф дуже велика (наприклад, електроємність земної кулі $C_3 = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$). Тому на практиці часто використовують частки цієї одиниці: мікрофарад (мкФ) - 10^{-6} Ф ; пікофарад (пФ) - 10^{-12} Ф .

Велику електроємність мають системи з двох заряджених провідників, які називають **конденсаторами**

Конденсатор складається з двох заряджених провідників, розділених шаром діелектрика. Так, наприклад, дві плоскі металеві пластини, розміщені паралельно одна одній і розділені шаром діелектрика, утворюють **плоский конденсатор**. Електричне поле такого конденсатора зосереджено всередині. Воно однорідне. Дві концентричні сфери сферичного конденсатора зосереджують все поле між собою.

$\vec{E}$

Напруженість поля між двома пластинами плоского конденсатора дорівнює сумі напруженостей полів, створених кожною із пластин :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

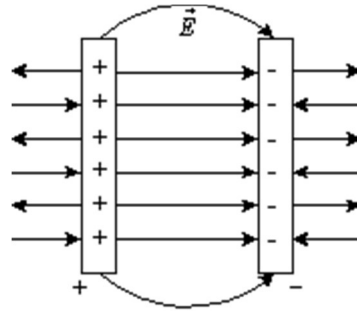


Рис.4.1.17.

Якщо на пластинах площею S знаходяться електричні заряди q^+ чи q^- , то напруженість поля між пластинами

$$E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0} + \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$$

Для однорідного електричного поля між напруженістю E і напругою U є зв'язок де d - відстань між пластинами; U - напруга на конденсаторі;

$$E = \frac{U}{d}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

Електроємність конденсатора прямо пропорційна площі обкладок і обернено пропорційна відстані між обкладками:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

Крім плоских є ще й циліндричні та сферичні конденсатори. За видом шару діелектрика розрізняють паперові, електролітичні конденсатори тощо. Часто використовують конденсатори змінної ємності з повітряним або твердим діелектриком.

Основними параметрами довільного конденсатора є його ємність і максимальна напруга, яку він може витримати без пробою діелектрика. Щоб підібрати потрібну електроємність для заданої робочої напруги, конденсатори з'єднують у батареї. Можливими є три типи з'єднань конденсаторів: послідовне, паралельне і змішане.

Нехай послідовно з'єднано N конденсаторів (рис. 4.1.18). На обкладках кожного конденсатора буде однаковий за модулем заряд, тобто, $q_1 = q_2 = \dots = q_N = Q$, де Q - заряд обкладок всієї батареї. Напруга на клеммах такої батареї дорівнюватиме сумі напруг на всіх послідовно з'єднаних конденсаторах, тобто:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_N. \quad (4.1.12)$$

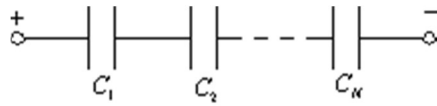


Рис.4.1.18.

$$U = \frac{Q}{C} \quad W_e = \frac{qEd}{2} \quad U_1 = \frac{Q_1}{C_1} \quad U_n = \frac{Q_n}{C_n}$$

Ураховуючи, що $Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$, з (4.1.12) знайдемо формулу розрахунку електроємності батареї послідовно з'єднаних конденсаторів:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Нехай N конденсаторів з'єднано паралельно (рис.4.1.19). За такого з'єднання напруга на кожному конденсаторі однакова і дорівнює напрузі на клеммах батареї:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_N.$$

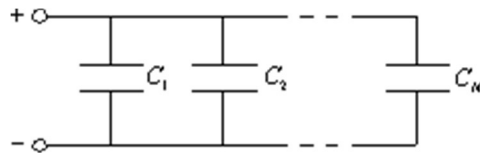


Рис.4.1.19.

Заряд такої батареї Q дорівнює сумі зарядів на всіх паралельно з'єднаних конденсаторах:

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_N.$$

Враховуючи, що $Q = CU$, $Q_1 = C_1U$, $Q_2 = C_2U$, ..., $Q_N = C_NU$, знаходимо вираз для розрахунку електричної ємності батареї паралельно з'єднаних конденсаторів:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_N.$$

З'єднання конденсаторів, зображене на рис. 4.1.20, називають змішаним.

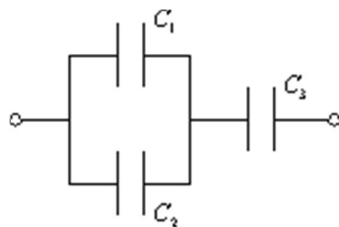


Рис.4.1.20.

Унаслідок введення діелектрика між обкладками конденсатора його електроємність збільшується в ϵ разів. Для того, щоб зарядити конденсатор, треба виконати роботу з розділення позитивних і негативних зарядів. Згідно із законом збереження енергії ця робота дорівнює енергії конденсатора. Розрахуємо її. Напруженість поля, створеного зарядом однієї з пластин, дорівнює $E/2$, де E - напруженість поля в конденсаторі. В однорідному полі однієї пластини знаходиться

заряд q , розміщений по всій поверхні другої пластини. Згідно із формулою для потенціальної енергії енергія конденсатора:

$$W_{\epsilon} = \frac{qEd}{2}$$

де q - заряд конденсатора; d - відстань між пластинами; E - напруженість електричного поля. Оскільки

$$W_{\epsilon} = \frac{qU}{2}$$

$Ed = U$, то

Замінивши у формулі (4.1.13) різницю потенціалів чи заряд за допомогою формул для електроємності конденсатора, отримуємо

$$W_{\epsilon} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

Підставимо у формулу (4.1.14) значення електроємності плоского конденсатора і напруги. Тоді енергія конденсатора дорівнюватиме:

$$W_{\epsilon} = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{E^2 d^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} \cdot Sd$$

Поділивши на об'єм Sd , що його займає поле, дістанемо енергію, яка припадає на одиницю об'єму, тобто густину енергії:

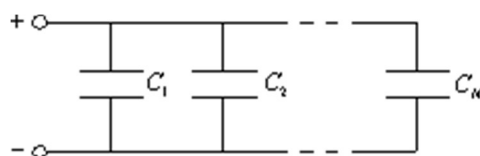


Рис.4.1.19.

Формула справедлива не тільки для однорідного поля плоского конденсатора, а й для будь-якого іншого електростатичного поля. Одержаний вираз для густини енергії справедливий і для змінних електричних полів.

Енергія конденсаторів звичайно не дуже велика, зате вони здатні накопичувати її впродовж тривалого часу, а під час розрядження віддають її майже миттєво. Саме ці якості конденсаторів використовують найбільше на практиці. Основне застосування конденсатори знаходять в радіотехніці. Їх використовують як загладжувачі пульсацій у випрямлячах змінного струму, в електромагнітних коливальних контурах, для накопичення великої кількості енергії, під час проведення експериментів у галузі ядерної техніки і керованого термоядерного синтезу.