

§ 7. ЕЛЕКТРОЄМНІСТЬ. КОНДЕНСАТОРИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНІЦІ

?!

Те, що гроші зберігають у банках, знає навіть першокласник. А от де зберігають заряди? І навіщо взагалі це потрібно? Відповіді ви дізнаєтесь із цього параграфа.

1

Що таке електроємність

Електроємність характеризує здатність провідників або системи з кількох провідників накопичувати електричний заряд, а отже, й електроенергію, яка надалі може бути використана (наприклад, у фотозйомці, освітленні лампами денного світла).

Розрізняють електроємність відокремленого провідника та електроємність системи провідників (наприклад, конденсатора). *Відокремленим* називається провідник, розташований на віддалі від інших заряджених і незаряджених тіл так, що вони не здійснюють на цей провідник жодного впливу.

Електроємність відокремленого провідника C — скалярна фізична величина, яка характеризує здатність провідника накопичувати заряд і дорівнює відношенню значення q електричного заряду відокремленого провідника до його потенціалу ϕ :

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

Одиниця електроємності в СІ — **фарад (Ф)** (названа на честь М. Фарадея). 1 Ф — це електроємність такого провідника, потенціал якого змінюється на 1 В , коли йому передають заряд 1 Кл ;

$$1 \text{ Ф} = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{В}}.$$

Оскільки 1 Ф — дуже велика одиниця ємності, зазвичай застосовують частинні одиниці: $1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$; $1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$; $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$ і т. д.

Хоча електроємність подається через відношення заряду до потенціалу, вона не залежить ані від того, ані від другого. Це подібне до того, як густина ρ речовини визначається через відношення маси m речовини до об'єму V , який вона займає $\left(\rho = \frac{m}{V} \right)$, проте не залежить ані від маси речовини, ані від її об'єму, бо є характеристикою речовини.

Крім того, електроємність не залежить від матеріалу, з якого виготовлений провідник. Це так само, як ємність чашки не залежить від того, з якого матеріалу вона виготовлена, а визначається її формою та розмірами.

★ Якщо відокремленим провідником є заряджена куля, значення заряду якої дорівнює q , то потенціал ϕ поля на її поверхні дорівнює $\phi = k \frac{Q}{\epsilon r}$, або $\phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R}$, де R — радіус кулі; ϵ — діелектрична проникність середовища, у якому перебуває куля. Підставивши останній вираз у формулу $C = \frac{q}{\phi}$, отримаємо формулу для електроємності відокремленого сферичного провідника:

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

За цією формулою можна розрахувати електроємність Землі (C_3), вважаючи її відокремленим провідником. Якщо діелектрична проникність середовища $\epsilon=1$ (повітря, вакуум) і радіус R Землі становить $6,4 \cdot 10^6$ км, то $C_3 = 700$ мкФ*.

Зверніть увагу: усе зазначене стосується відокремленого провідника. У дійсності жоден провідник не є відокремленим — завжди існують якісь предмети, що змінюватимуть його електроємність. Останнє можна довести, якщо до кондуктора зарядженого електрометра наблизити долоню: спостерігатиметься зменшення заряду електрометра, і це свідчить про збільшення його електроємності. (Спробуйте пояснити це явище самостійно.)

2 Що таке конденсатор

Чи можна створити пристрій, що має достатньо велику електроємність, яка не залежить від розташування навколишніх тіл? Виявляється, такий пристрій придумали вже досить давно, — він називається конденсатор.

Конденсатор — це пристрій, що являє собою систему з двох провідних обкладок, розділених шаром діелектрика, товщина якого є малою порівняно з розмірами обкладок.

(Найдавніший тип конденсатора — *лейденську банку* (рис. 7.1) — уперше було створено в середині XVIII ст. у голландському місті Лейден. Цей конденсатор являє собою скляну банку, обклеєну всередині та ззовні станіолем.)

* Припускаючи, що Земля є відокремленим провідником, ми не враховуємо розташованих на відстані 100–200 км від неї (в йоносфері) електричних зарядів, які разом із Землею утворюють своєрідний конденсатор. Ємність такого конденсатора разів у 30–50 більша, ніж знайдене нами значення, і сягає 20 000–30 000 мкФ.

Обкладкам конденсатора передають однакові за модулем, але протилежні за знаком заряди, що сприяє накопиченню зарядів: різнойменні заряди притягуються, а отже, розташовуються на внутрішніх поверхнях обкладок.

Для зарядження конденсатора зазвичай обидві його обкладки з'єднують із полюсами батареї акумуляторів. Унаслідок цього на обкладках з'являються рівні за модулем, але протилежні за знаком заряди. Результат не зміниться, якщо з'єднати з полюсом батареї тільки одну обкладку, заземливши другу. При цьому внаслідок електростатичної індукції на заземленій обкладці також з'явиться заряд, який дорівнюватиме за модулем заряду на іншій обкладці, але матиме протилежний знак.

Зарядом конденсатора називають модуль заряду однієї з його обкладок. Очевидно, що заряд конденсатора визначає різниця потенціалів між його обкладками. При цьому відношення значення q заряду даного конденсатора до різниці потенціалів $(\varphi_1 - \varphi_2)$ між його обкладками не залежить ані від q , ані від $(\varphi_1 - \varphi_2)$, а отже, може слугувати характеристикою конденсатора. Така характеристика називається *електроємністю конденсатора*.

Електроємність конденсатора C — скалярна фізична величина, яка характеризує здатність конденсатора накопичувати заряд і дорівнює відношенню значення q заряду однієї з обкладок конденсатора до різниці потенціалів $(\varphi_1 - \varphi_2)$ між цією обкладкою і сусідньою:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (1), \quad \text{або} \quad C = \frac{q}{U},$$

де U — напруга між обкладками, яка в даному випадку дорівнює різниці потенціалів між ними.

Очевидно, що *одиниця електроємності конденсатора в СІ збігається з одиницею електроємності відокремленого провідника, — фарад (Ф)*.

1 Ф — це електроємність конденсатора, між обкладками якого виникає різниця потенціалів 1 В, якщо заряд на кожній із обкладок становить 1 Кл.

Як показують дослідження, ємність конденсатора збільшиться, якщо збільшити площу поверхні обкладок або наблизити обкладки

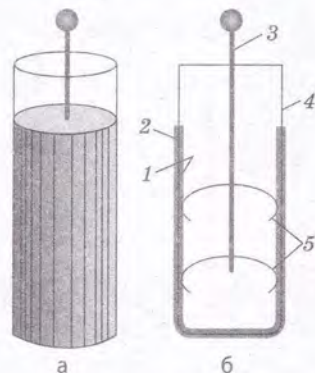


Рис. 7.1. Лейденська банка: а — загальний вигляд; б — схема будови: 1 і 2 — станіолеві обкладки, 3 — металевий стрижень, 4 — склянка, 5 — пружні металеві смужки для контакту

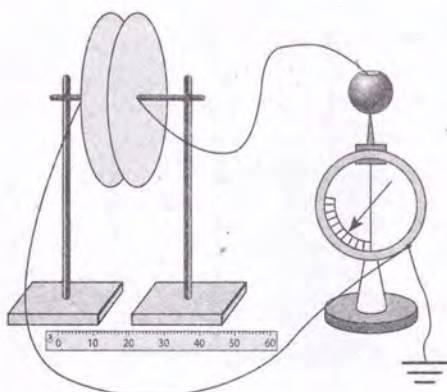


Рис. 7.2. Дослід із вивчення залежності ємності конденсатора від відстані між його пластинами: якщо зсунути пластини, ємність конденсатора збільшується; кут відхилення стрілки електрометра зменшується, хоча заряд лишається тим самим

одну до одної (рис. 7.2). На ємність конденсатора впливає також характеристика використовуваного діелектрика. Чим більша його діелектрична проникність, тим більшу ємність має конденсатор порівняно з ємністю такого ж конденсатора, діелектриком у якому слугує повітря.

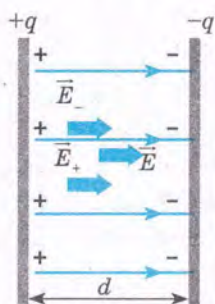
Власне електрометр теж являє собою конденсатор, однією з обкладок якого є стрижень зі стрілкою, а другою — корпус. Ємність електрометра залежить від розмірів і взаємного розташування його частин. Оскільки в електрометрі частини закріплені в незмінному положенні, ємність даного електрометра буде цілком визначеною (невеликою зміною ємності, пов'язаною з переміщенням стрілки, можна знехтувати). Саме тому

ми й можемо користуватись електрометром як для вимірювання різниці потенціалів, так і для визначення наявного на ньому заряду. Дійсно, кут відхилення стрілки електрометра визначається напруженістю поля між нею і корпусом приладу, тобто різницею потенціалів $(\varphi_1 - \varphi_2)$ між цими тілами. Але згідно з формулою (1) заряд електрометра $q = C(\varphi_1 - \varphi_2)$, де C — ємність електрометра, яка є для приладу постійною. Таким чином, можна проградувати прилад або в одиницях різниці потенціалів (вольтах), або в одиницях заряду (кулонах).

Чому дорівнює електроємність плоского конденсатора

3

Плоский конденсатор складається з двох паралельних металевих пластин (обкладок), розділених шаром діелектрика, наприклад повітрям, слюдою, парафіновим папером та ін.



Для визначення електроємності плоского конденсатора введемо такі позначення: q — заряд конденсатора; S — площа кожної пластини конденсатора; d — відстань між пластинами.

Поле плоского конденсатора можна розглядати як сукупність полів двох різноіменно заряджених площин (рис. 7.3). Тоді напруженість \vec{E} поля між пластинами (обкладками) такого конденсатора дорівнює сумі напруженостей полів, створених кожною з пластин:

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-,$$

де \vec{E}_+ і \vec{E}_- — напруженості полів, створених позитивно та негативно зарядженими пластинами відповідно.

Рис. 7.3. До розрахунку напруженості поля між пластинами плоского конденсатора

Оскільки $E_+ = E_- = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$, де ϵ — діелектрична проникність діелектрика, який заповнює простір між обкладками, а $\sigma = \frac{q}{S}$ — поверхнева густина заряду на обкладках конденсатора, то $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon}$, звідки

$$E = \frac{q}{\epsilon_0\epsilon S}. \quad (2)$$

Поле між пластинами плоского конденсатора є однорідним, тому зв'язок між напруженістю E поля між пластинами і напругою U на пластинах конденсатора подається як $U = Ed$. Останню формулу з урахуванням формули (2) можна переписати у вигляді: $U = \frac{qd}{\epsilon_0\epsilon S}$.

Підставимо цей вираз у формулу (1): $C = \frac{q}{U} = \frac{q\epsilon_0\epsilon S}{qd}$; отже, маємо формулу для розрахунку електроємності плоского конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$$

Таким чином, ємність плоского конденсатора залежить від площі його обкладок, відстані між ними та діелектричної проникності діелектрика, який заповнює простір між обкладками.

Як розраховують електроємність батареї конденсаторів

4 Кожен конденсатор характеризується ємністю та максимальною робочою напругою U_{\max} . Якщо напруга на конденсаторі значно перевищує U_{\max} , то відбувається пробій — між обкладками конденсатора виникає іскра, яка руйнує ізоляцію.

Щоб одержати необхідну електроємність за певної робочої напруги, конденсатори з'єднують між собою в батареї, застосовуючи при цьому паралельне, послідовне та змішане з'єднання.

Для простоти сприйняття розглядатимемо батарею, яка складається з трьох конденсаторів електроємностями C_1 , C_2 , C_3 відповідно. Зверніть, однак, увагу, що закономірності, які будуть одержані, справджуються й для батареї, що містить будь-яку кількість конденсаторів.

У разі паралельного з'єднання конденсаторів позитивно заряджені обкладки всіх конденсаторів з'єднують в один вузол, а негативно заряджені — в інший вузол (рис. 7.4). У такому випадку загальний заряд q батареї конденсаторів дорівнює алгебраїчній сумі зарядів окремих конденсаторів:

$$q = q_1 + q_2 + q_3,$$

де q_1 , q_2 , q_3 — заряд першого, другого та третього конденсаторів відповідно.

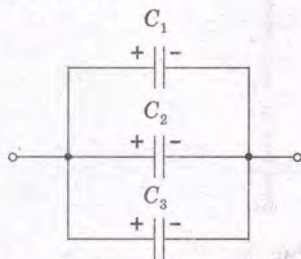


Рис. 7.4. Батарея з трьох паралельно з'єднаних конденсаторів

З'єднані в один вузол обкладки являють собою один провідник, тому потенціали обкладок і різниця потенціалів (напруга) між обкладками всіх конденсаторів однакові:

$$U = U_1 = U_2 = U_3.$$

Отже, у випадку паралельного з'єднання конденсаторів допустима робоча напруга батареї визначається робочою напругою одного конденсатора.

Оскільки $q = CU$, $q_1 = C_1U$, $q_2 = C_2U$, $q_3 = C_3U$, то $CU = C_1U + C_2U + C_3U$, отже, загальна електроємність батареї, яка складається з трьох паралельно з'єднаних конденсаторів, становить:

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

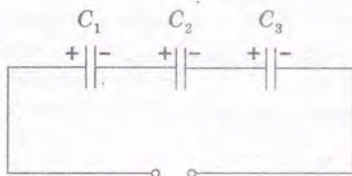


Рис. 7.5. Батарея з трьох послідовно з'єднаних конденсаторів

У разі *послідовного з'єднання* конденсатори з'єднують між собою різнойменно зарядженими обкладками (рис. 7.5). У цьому випадку потенціали різнойменно заряджених обкладок розміщених поряд конденсаторів є однаковими. Завдяки явищу електростатичної індукції також однаковим для всіх конденсаторів буде й заряд, який дорівнюватиме заряду батареї. Отже:

$$q = q_1 = q_2 = q_3.$$

Напруга на батареї послідовно з'єднаних конденсаторів дорівнює сумі напруг на окремих конденсаторах:

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

Оскільки $U = \frac{q}{C}$; $U_1 = \frac{q}{C_1}$; $U_2 = \frac{q}{C_2}$; $U_3 = \frac{q}{C_3}$, то $\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$, отже, величина, обернена загальній електроємності батареї, що складається з трьох послідовно з'єднаних конденсаторів, дорівнює:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$

Фізична
величина

Вид з'єднання конденсаторів (n — кількість конденсаторів у батареї)
Послідовне Паралельне

Заряд

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_n$$

$$q = \sum_{i=1}^n q_i$$

Напруга

$$U = \sum_{i=1}^n U_i$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Ємність

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

У разі послідовного з'єднання конденсаторів ємність батареї менша, ніж ємність конденсатора з мінімальною ємністю. Завдяки цьому збільшується допустима робоча напруга батареї порівняно з допустимою робочою напругою окремого конденсатора.

Уже зазначалось, що наведені співвідношення можна *узагальнити для батарей, які містять будь-яку кількість конденсаторів* (див. таблицю).

Зверніть увагу:

1) Якщо батарея містить n паралельно з'єднаних конденсаторів електроємністю C' кожен, то:

$$C = nC'.$$

2) Якщо батарея містить n послідовно з'єднаних конденсаторів електроємністю C' кожен, то:

$$\frac{1}{C} = \frac{n}{C'}, \text{ або } C = \frac{C'}{n}.$$

5 Для чого потрібні конденсатори

У сучасній *техніці* складно знайти галузь, де б широко й різноманітно не застосовувались конденсатори. Без них не можуть обійтися *радіотехнічна й телевізійна апаратура* (настроювання коливальних контурів), *радіолокаційна техніка* (одержування імпульсів великої потужності), *телефонія й телеграфія* (розділення кіл змінного та постійного струмів, гасіння іскор у контактах), *техніка лічильного обладнання* (у спеціальних запам'ятовувальних пристроях), *електровимірвальна техніка* (створення зразків ємності), *лазерна техніка* (одержування потужних імпульсів). І це далеко не повний перелік.

У сучасній *електроенергетиці* конденсатори також мають доволі різноманітне застосування: вони обов'язково присутні в конструкціях люмінесцентних освітлювачів, електрозварювальних апаратів, пристроїв захисту від перенапруг.

Конденсатори застосовують і в інших, неелектротехнічних галузях техніки та промисловості (у медицині, фотографічній техніці).

Різноманітність галузей застосування зумовлює велике розмаїття конденсаторів (рис. 7.6). Поряд із мініатюрними конденсаторами, що мають масу меншу за грам і розміри порядку кількох міліметрів, можна зустріти конденсатори з масою в декілька тонн і заввишки більші за людський зріст. Ємність сучасних конденсаторів може становити від часток пікофарада до кількох десятків і навіть сотень тисяч мікрофарадів, а робоча напруга може бути в межах від кількох вольтів до кількох сотень кіловольтів.

6 Які вони, сучасні конденсатори

Конденсатори можна класифікувати за такими ознаками та властивостями:

— за призначенням — постійної та змінної ємності;

— за формою обкладок — плоскі, сферичні, циліндричні та ін.;

— за типом діелектрика — повітряні, паперові, слюдяні, керамічні, електролітичні та ін.

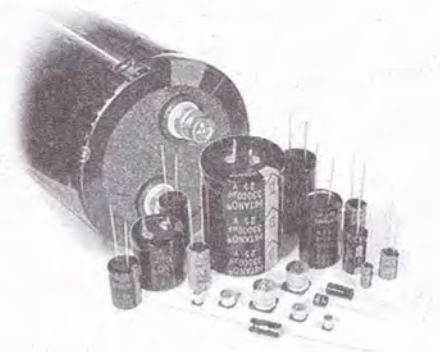


Рис. 7.6. Різні типи конденсаторів

Сучасна промисловість випускає конденсатори різних конструкцій і зі застосуванням різних матеріалів. Від того, як і з чого зроблений конденсатор, залежать його характеристики. Найчастіше конденсатори конструюють із використанням металевої фольги та матеріалів з високою діелектричною проникністю, як-от слюда або кераміка. Ємність цих конденсаторів може коливатися в межах від 1 до 100 мкФ.

Альтернативний метод виробництва конденсаторів — напилення металевих плівок на діелектрик. Конденсатори такої конструкції (відомі як срібно-слюдяні) досить стабільні й мають непогані характеристики. Їхня ємність лежить у межах від кількох пікофарадів до приблизно 5000 пФ.

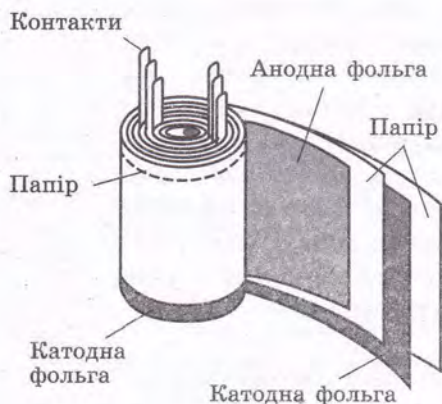


Рис. 7.7. Схема формування електролітичного конденсатора

Щоб одержати ще більшу ємність конденсаторів, необхідно більше скоротити відстань між пластинами. Цього можна домогтися, зануривши металеву пластину в електроліт. У цьому випадку діелектриком між «пластинами» (металом і електролітом) буде тонка оксидна плівка. Конструкція «метал — оксид — електроліт» має властивості конденсатора (рис. 7.7), а дуже тонкий шар оксиду (зазвичай 0,1 мм) забезпечує високу ємність (до 5000 мкФ).

Для резонансних індуктивно-ємнісних генераторів потрібні конденсатори змінної ємності. Ємність таких конденсаторів змінюється регулюванням площі пластин, відстані між пластинами або діелектричної проникності. Зміна ємності в усіх змінних конденсаторів є малою й зазвичай не перевищує кількох сотень пікофарадів.

Учимося розв'язувати задачі

7 Задача 1 Металеву кулю ємністю $C_1 = 2$ пФ, заряджену до потенціалу $\phi_1 = 30$ В, з'єднали тонким довгим дротом з кулею ємністю $C_2 = 3$ пФ, на якій міститься заряд $q_2 = 0,6$ нКл. Визначте потенціали куль після перерозподілу зарядів.

$$\begin{aligned}\phi'_1 &= ? \\ \phi'_2 &= ?\end{aligned}$$

Дано:

$$C_1 = 2 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$\phi_1 = 30 \text{ В}$$

$$C_2 = 3 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$q_2 = 0,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Аналіз фізичної проблеми. За будь-якого перерозподілу зарядів в ізольованій системі, якою є в цьому випадку заряджені кулі, виконується закон збереження заряду. Скориставшись ним і врахувавши той факт, що після з'єднання куль провідником заряди будуть переходити з однієї кулі на другу доти, доки потенціали куль не стануть однаковими, можемо знайти потенціали куль після з'єднання.

Пошук математичної моделі, розв'язання. Нехай до з'єднання куль їхні заряди дорівнювали q_1 і q_2 , а після з'єднання — q'_1 і q'_2 , тоді згідно із законом збереження заряду $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$ (1). За умови рівноваги зарядів на кулях, з'єднаних дротом, потенціали куль вирівнюються, тому $\varphi'_1 = \varphi'_2 = \varphi'$ (2).

Використовуючи формулу електроємності $C = \frac{q}{\varphi}$, подамо початковий заряд q_1 першої кулі, а також заряди q'_1 і q'_2 куль після з'єднання: $q_1 = C_1 \varphi_1$; $q'_1 = C_1 \varphi'_1$; $q'_2 = C_2 \varphi'_2$. (3)

Підставивши формули (3) у формулу (1) із урахуванням рівності (2), одержимо: $C_1 \varphi_1 + q_2 = C_1 \varphi' + C_2 \varphi'$, звідки $\varphi' = \frac{C_1 \varphi_1 + q_2}{C_1 + C_2}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$[\varphi'] = \frac{\Phi \cdot В + Кл}{\Phi + \Phi} = \frac{Кл \cdot В / В + Кл}{Кл / В} = \frac{Кл \cdot В}{Кл} = В;$$

$$\{\varphi'\} = \frac{2 \cdot 10^{-12} \cdot 30 + 0,6 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-12} + 3 \cdot 10^{-12}} = \frac{0,06 \cdot 10^{-9} + 0,6 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-12}} = 132, \varphi' = 132 \text{ В}.$$

Відповідь: потенціали куль після перерозподілу зарядів становлять: $\varphi' = \varphi'_1 = \varphi'_2 = 132 \text{ В}$.

Задача 2. Між клемми А і В приєднано конденсатори ємностями $C_1 = 2 \text{ мкФ}$ і $C_2 = 1 \text{ мкФ}$ (рис. 1). Обчисліть ємність батареї конденсаторів.

$C = ?$

Дано:

$$C_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

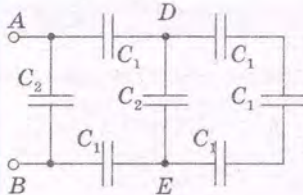


Рис. 1

Аналіз фізичної проблеми.

Аналіз схеми показує, що вона містить змішане з'єднання конденсаторів. Отже, спочатку необхідно відшукати конденсатори, з'єднані між собою послідовно або паралельно.

Потім слід замінити їх конденсатором з еквівалентною ємністю й одержати спрощену схему. Застосувавши цей прийом кілька разів, знайдемо ємність батареї конденсаторів.

Пошук математичної моделі, розв'язання. Розглянемо окремо ділянку між точками D і E (див. рис. 1). Вона складається з двох паралельних віток, в одну з яких включено послідовно три конденсатори ємностями C_1 (їхню загальну ємність позначимо C'), а в другу — конденсатор ємністю C_2 . Тоді загальна ємність C_{DE} конденсаторів, які складають ділянку DE, становить: $C_{DE} = C_2 + C'$; C' знаходимо з умови:

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} = \frac{3}{C_1}, \text{ звідки } C' = \frac{C_1}{3}.$$

$$C_{DE} = C_2 + \frac{C_1}{3} = \frac{3C_2 + C_1}{3}. \quad (1).$$

Отже, можемо спростити вихідну схему (рис. 2). Тепер шукана ємність C дорівнює сумі ємностей двох паралельних віток, в одну з яких включено послідовно три конденсатори ємностями C_1 , C_{DE} і C_1 (їхню загальну ємність позначимо C''), а в другу — конденсатор ємністю C_2 . Тоді $C = C_2 + C''$, де C'' знаходимо з умови:

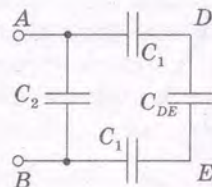


Рис. 2

$$\frac{1}{C''} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{DE}} + \frac{1}{C_1} = \frac{2}{C_1} + \frac{1}{C_{DE}} \quad (2).$$

Перетворимо вираз (2) за допомогою рівняння (1): $\frac{1}{C''} = \frac{2}{C_1} + \frac{3}{3C_2 + C_1}$, звідки $C'' = \frac{C_1(3C_2 + C_1)}{6C_2 + 5C_1}$.

Отже, повна ємність усієї системи: $C = C_2 + \frac{C_1(3C_2 + C_1)}{6C_2 + 5C_1}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$C = 10^{-6} + \frac{2 \cdot 10^{-6} (3 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})}{6 \cdot 10^{-6} + 5 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} \approx 2 \cdot 10^{-6}, \quad C \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

Відповідь: ємність батареї конденсаторів $C \approx 2$ мкФ.

Підбиваємо підсумки

Електроємність C відокремленого провідника дорівнює відношенню електричного заряду q відокремленого провідника до його потенціалу ϕ : $C = q / \phi$. Одиниця електроємності в СІ — фарад (Ф). Електроємність конденсатора, що має заряд q і напругу між обкладками U , дорівнює: $C = q / U$. Електроємність плоского конденсатора розраховується за формулою $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$, де S — площа обкладок конденсатора; d — відстань між обкладками; ϵ — діелектрична проникність діелектрика, що поміщений між обкладками конденсатора. Для одержання необхідної ємності конденсатори з'єднують між собою в батареї.

У разі паралельного з'єднання конденсаторів виконуються співвідношення: $q = \sum_{i=1}^n q_i$; $U = U_1 = \dots = U_n$; $C = \sum_{i=1}^n C_i$.

У разі послідовного з'єднання конденсаторів виконуються співвідношення: $q = q_1 = \dots = q_n$; $U = \sum_{i=1}^n U_i$; $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$.

Конденсатори класифікують за призначенням (постійної та змінної ємностей); за формою обкладок (плоскі, сферичні, циліндричні); за типом діелектрика (повітряні, паперові, слюдяні, керамічні, електролітичні).

Контрольні запитання

1. Що називають електроємністю відокремленого провідника? Якою є її одиниця? ★ 2. За якою формулою розраховується електроємність кулі? 3. Що таке конденсатор? Для чого він призначений? 4. Як називається перший створений конденсатор? 5. Для чого простір між обкладками конденсатора заповнюють діелектриком? 6. Від чого залежить електроємність конденсатора? 7. За якою

формулою розраховується електроємність плоского конденсатора? **8.** Як розрахувати електроємність батареї, яка складається з конденсаторів, з'єднаних послідовно? з'єднаних паралельно? **9.** Назвіть галузі застосування конденсаторів. Наведіть приклади. **10.** Які типи конденсаторів вам відомі?



Вправа № 7

1. Чотири однакові конденсатори з'єднані в одному випадку паралельно, а в другому — послідовно. У якому випадку ємність батареї конденсаторів більша й у скільки разів?
2. Два конденсатори ємностями 2 і 1 мкФ з'єднані послідовно й приєднані до джерела, напруга якого 120 В. Визначте напругу між обкладками першого і напругу між обкладками другого конденсатора.
3. Який заряд потрібно передати батареї з двох лейденських банок ємностями 0,0005 і 0,001 мкФ, з'єднаних паралельно, щоб зарядити її до напруги 10 кВ?
4. Конденсатор, заряджений до напруги 100 В, з'єднується паралельно з конденсатором такої ж ємності, але зарядженим до 200 В. Яка напруга встановиться між обкладками конденсаторів?
5. Два провідники ємністю C_1 і C_2 , заряджені до потенціалів ϕ_1 і ϕ_2 , перебувають на великій відстані один від одного. Яким буде потенціал провідників, якщо з'єднати їх тонким дротом?
6. Визначте ємність батарей конденсаторів, показаних на рис. 1 і 2. Ємність кожного конденсатора однакова й дорівнює C .

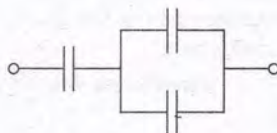


Рис. 1

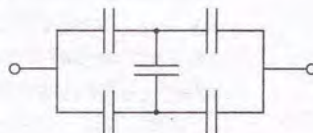


Рис. 2