**Лекція 11. ЕЛЕКТРИЧНA ЕМНІСТЬ СИСТЕМИ. РОЗРАХУНКИ ЕМНОСТІ В ПРОСТІШИХ ВИПАДКАХ. КОНДЕНСАТОРИ. БАТАРЕЇ КОНДЕНСАТОРІВ.**

Для опису електростатичного поля потрібно математично розв’язати ланцюжок наступних питань.  
За відомим зарядом в системі за теоремою Гауса необхідно розрахувати напруженість електричного поля (взяти «важкий , страшний» інтеграл по поверхні ). Щоб експериментально перевірити знайдену картину поля необхідно перерахувати напруженість поля в його потенціал (це передбачає виконання операції інтегрального перетворення відповідно до формул попередньої лекції).

Ці інтегральні завдання дуже складні в математичному відношенні і в загальному випадку вони просто не можуть буди здійсненими аналітично. А картину поля знати треба !!!  
Завдання спрощують математично, ускладнюючи фізичні уявлення про способи розрахунків полів. Для цього вводять в розгляд поняття електричної ємкості системи.

**Ланцюжок міркувань наступний:**  
Дійсно, згідно із законом Кулона напруженість поля пропорційна величині заряду в системі (див. закон Кулона). Взаємозв'язок потенціалу і напруженості поля хоч і інтегральна, але то ж лінійна.  
Тоді можна записати, що і сам потенціал в системі пропорційний заряду в ній.



або



де С - коефіцієнт пропорційності між напругою і напруженістю поля в системі.   
Звертаємо увагу, що з аналізу випадає необхідність розрахунку напруженості поля, тобто рішення інтегрального виразу теореми Гаусу.  
Величину С називають електроємність (або просто ємністю) системи.  
Відповідно до формули, ємність системи визначається зарядом, поява якого   
змінює потенціал на одиницю.  
**Ємність системи залежить тільки від її розмірів, форми і властивостей діелектрика в якому поширюється поле і не залежить від заряду та напруги в системі.**

**ЗАПЯМЯТАТИ** – Це принципово важливо та буде доведено далі.  
  
Одиниця електроємності - фарад (Ф): 1 Ф - ємність такої системи, потенціал якого змінюється на 1 В при наданні йому заряду 1 Кл.  
  
Для знаходження параметра С необхідно хоча б один раз пройти ланцюжок опису електричного поля за наступною схемою.

Тобто подумки дати в систему заряд, розрахувати в ній електричне поле, перерахувати напруженість поля в його потенціал і знайти коефіцієнт пропорційності між зарядом і потенціалом поля в системі.  
Завдання не просте математично. Але воно виконується один раз і знайдені формули для ємності системи переносять в довідкову літературу і користуються в інженерних розрахунках. Тому використання поняття ємності - це спрощення, тому що інтеграли взяли теоретики, а інженери користуються вже виведеними формулами.  
  
Пройдемо такий ланцюжок викладок для найпростіших випадків і знайдемо формули для обчислення ємностей найпростіших систем.

**Ємність відокремленої кулі** ( елемент сферичного конденсатору).  
Відповідно теоремі Гауса напруженість електричного поля, створеного кулею така ж, як і картина поля від точкового заряду, тобто розраховується за формулою ( див перші лекції теорії поля, практично закон Кулона):



Згідно за інтегральною формулою перерахунку напруженості поля в його потенціал, потенціал відокремленої кулі радіусом R, що знаходиться в  
однорідному середовищі з діелектричної проникністю  , дорівнює



Використовуючи формулу для визначення поняття електричної ємкості

( отримаємо , що ємність кулі



Звідси випливає, що ємність 1 Ф мала би відокремлена куля, що знаходиться в вакуумі та має радіус R = 10 • 106 км, що приблизно в 1400 разів більше радіуса Землі (електроємність самої Землі С = 0,7 мкФ).

Отже, Фарад - дуже велика величина, тому на практиці використовуються частинні її одиниці - міліфарада (мФ), мікрофарада (мкФ), нанофарада (нФ), пікофарада (пФ). Необхідно так само указати, що з формул для ємності систем випливає також, що одиниця виміру електричної постійної - фарад на метр (Ф / м).

**Електроємність системі, що створена двома нескінченними пластинами (плоский конденсатор) .**

Розрахуємо ємність плоского конденсатору, що складається з двох паралельних металевих пластин площею S кожна, розташованих на відстані d одна від одної. Вони мають заряди *+ Q* і - *Q*.  
Якщо відстань між пластинами мала в порівнянні з їх лінійними розмірами, то крайовими ефектами можна знехтувати і поле між обкладинками конденсатору вважати однорідним. Його можна розрахувати, використовуючи формули представленні в лекції про теорему Гауса.



де - поверхнева густина заряду на полощині.

Використовуючи інтегральній взаємозв’язок між напруженістю поля та його потенціалом і при наявності діелектрика між обкладинками для різниці потенціалів між ними, можна отримати:



де - діелектрична проникність. Тоді з останньої формули, замінюючи Q = , за основним виразом для ємності, отримаємо формулу для ємності плоского конденсатору:



З отриманих формул для ємності кулі і плоского конденсатору видно, що цей параметр системи залежить тільки від геометрії системи (чи від радіусу кулі або від площі та відстані між пластинами) та від діелектричної проникності середовища, в якій поширюється поле.  
**І НЕ ВІД ЧОГО БІЛЬШЕ.**  
 **КОНДЕНСАТОРИ**

Щоб система мала велику електроємність, вона повинна мати дуже великі розміри (див. отримані формули). На практиці, однак необхідні пристрої, що володіють здатністю при малих розмірах і невеликих відносно навколишніх тіл потенціалах накопичувати значні за величиною заряди, іншими словами, мати велику ємність. Ці пристрої мають назву конденсаторів.  
Для збільшення ємності та варіювання її можливих значень конденсатори з'єднують в батареї, при цьому використовується їх паралельне і послідовне з'єднання. Це є практичною частиною завдання, але з фізичної точки зору, не менш важлива і задача розподілу заряду та напруг між конденсаторами, що з’єднано чи паралельно, чи послідовно. Це є науковою причиною, що задає необхідність розглянути питання розрахунків ємкості конденсаторних батарей.

1. Паралельне з'єднання конденсаторів (рис.).



У паралельно з'єднаних конденсаторів різниця потенціалів на обкладках конденсаторів однакова і дорівнює  . Якщо ємності окремих конденсаторів С1, С2, ..., Сп, то, згідно з загальною формулою для ємності , їх заряди дорівнюють:



Відповідно до закону збереження заряду заряд батареї конденсаторів:



Якщо на кожному конденсаторі напруга така ж сама, то повна ємність батареї при паралельному з'єднанні конденсаторів буде дорівнювати



Тобто при паралельному з'єднанні конденсаторів вона дорівнює сумі ємностей окремих конденсаторів. Пам’ятайте, при паралельному з’єднані конденсаторі в напруга на кожному конденсаторі однакова, а загальний заряд системи є сума зарядів кожного конденсатора.

2. Послідовне з’єднання конденсаторів (рис. ).



**У послідовно з'єднаних конденсаторів заряди усіх обкладок рівні по модулю, а різниця потенціалів на затискачах батареї** ( довести це ствердження з використанням закону збереження заряду, та відомими властивостями для розрахунків роботи декількох сил в системі).

   


де для будь-якого з розглянутих конденсаторів



З іншого боку



тому



Таким чином, при послідовному з'єднанні конденсаторів підсумовуються величини, зворотні до ємностей. При послідовному з'єднанні конденсаторів результуюча ємність С завжди менше найменшої ємності, що використовується в батареї ( довести) .

Основним положенням електростатики присвячено відповідні розділи завдання в пропонованому методичному посібнику.

Детально теоретичний матеріал за темою електростатичні поля наведено в рекомендованій літературі (Трофімова).

**ПАМЯТАЙТЕ:** Останні розділи теорії поля досить складні в математичному відношенні. Якщо в цих математичних викладках у вас виникнуть труднощі, то **Всі наявні труднощі** розберемо при особистих зустрічах.

**ЗАУВАЖЕННЯ:** Мій E-mail : **moskvinpavel56@gmail.com**