

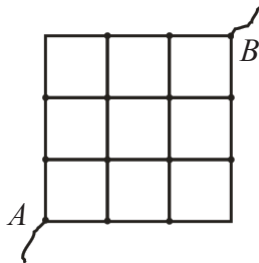
МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Інна ВОЛОДІНА, *учитель фізики та інформатики
лицею «Лідер» № 171, м. Київ*

Досить часто на олімпіадах різних рівнів учням пропонують розв'язати цікаві задачі на розрахунок електричних кіл, які складно, а інколи просто неможливо розв'язати методом послідовного еквіваленту — тим єдиним методом розрахунку, який вивчається на уроках. Тому пропонуємо вам розглянути частину методів розрахунків електричних кіл, які доцільно вивчати з учнями, починаючи з 9 класу, що допоможе їм швидко та елегантно розв'язувати доволі складні задачі електрики. Цю практику можна продовжувати і в 10—11 класах, оскільки розглянуті у статті методи є частинними випадками більш загального методу розрахунку електричного кола, який за новою програмою вивчатиметься лише в 11 класі.

1. Метод еквіпотенціальних поверхонь

Цей метод відомий ще під іншою назвою — *метод еквіпотенціальних вузлів*.



Мал. 1

Якщо вузли в електричному колі є точками рівних потенціалів, то їх можна як з'єднувати, так і роз'єднувати, оскільки через ці точки кола електричний струм ніколи не проходить. Тож при розрахунку електричного кола шукатимемо точки рівного потенціалу, а після цього з'єднуємо їх еквіпотенціальними поверхнями (через будь-яку точку цієї поверхні струм не проходитиме) та перемалюємо схему так, щоб одразу було зрозуміло, як можна її розрахувати, використавши традиційний метод послідовного еквіваленту.

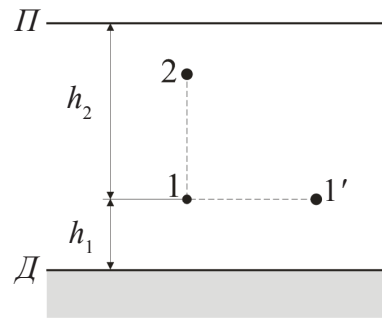
Розглянемо застосування цього методу на такому прикладі.

Задача 1

Визначити опір кола, зображеного на малюнку 1, якщо опір кожної ланки кола $R = 1$ Ом.

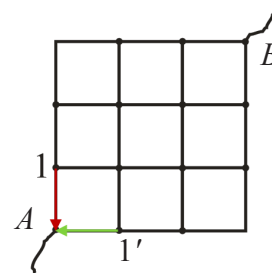
Розв'язання. Схема симетрична та усі її ланки мають однаковий опір, у ній досить легко знайти точки рівного потенціалу. Проте для більшості учнів

дев'ятого класу це досить складне завдання, тому, шукаючи точки рівного потенціалу, варто проводити аналогії з точками рівного тиску, які досить легко знайти у водіймі.



Мал. 2

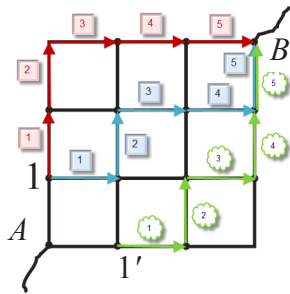
Розглянемо ставок, в якому виділимо дно та поверхню рідини (на малюнку позначені літерами Д та П). Виділимо точки 1 та 1' (мал. 2). Оскільки відстані від цих точок до дна та поверхні однакові, то тиск, що створює рідина у цих точках, теж буде однаковим. Тож якщо в точку 1 помістити бульбашку повітря, вона не переміщуватиметься в точку 1', оскільки причиною її руху може бути різниця тисків, яка між цими точками дорівнює 0. Якщо ж розглянути точки 1 та 2 водіймі, відповідні відстані від цих точок до дна та поверхні будуть різними, отже, тиски рідини на цих глибинах будуть різними. Приходимо до *висновку*: точки рівного тиску у водіймі розміщені на відповідно однакових відстанях від дна та поверхні, тобто, лежать на одній глибині.



Мал. 3

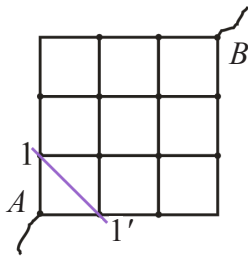
Якщо уявити, що точка А електричного кола аналогічна дну водіймі, а точка В — поверхні, то можна перевірити мінімальну відстань від кожного вузла електричного кола до цих точок, чим визначити розміщення точок рівного потенціалу. Наприклад, від точки 1 до клем А електричний струм має пройти лише одну ділянку кола (мал. 3). Такий же шлях він має пройти від точки 1' до тієї ж клем. Проте це ще не свідчить, що ці точки є точками рівного потенціалу. Необхідно перевірити, чи співпадатимуть відстані від цих точок до клем В, роль якої аналогічна поверхні ставка.

Від точки 1 до клемі B струм проходить шлях у 5 ланок (мал. 4). Такий самий шлях струм має пройти й від точки 1' до клемі B.



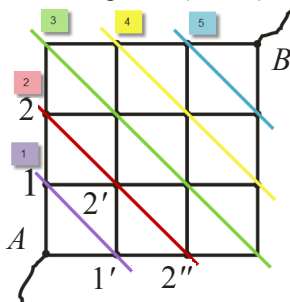
Мал. 4

Отже, відповідні шляхи від точок 1 та 1' до клем однакові (причому, вони не залежать від того, яким шляхом струм проходить від точок 1 та 1' до відповідних клем), тому точки 1 та 1' мають рівні електричні потенціали. Між цими точками кола електричний струм не проходить, тому з'єднаємо їх еквіпотенціальною поверхнею (мал. 5).



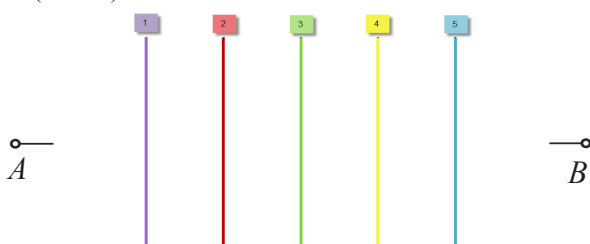
Мал. 5

Аналогічно можна довести, що точки 2, 2', 2'' мають рівні потенціали, тож їх теж можна з'єднати еквіпотенціальною поверхнею. Шукаючи точки рівного потенціалу та з'єднуючи їх еквіпотенціальними поверхнями, ми можемо провести через такі точки п'ять різних еквіпотенціальних поверхонь (мал. 6).



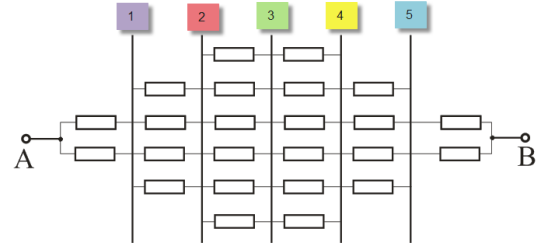
Мал. 6

Настав час перемалювати схему. Повернемо її за годинниковою стрілкою на 45°, намалюємо вертикальні еквіпотенціальні поверхні, розмістивши їх на деякій відстані одна від одної, та позначимо клемі A та B (мал. 7).



Мал. 7

Розглянемо ділянки кола, розміщені між клемою A та першою еквіпотенціальною поверхнею. У них початки з'єднані в одну точку (точка A) та кінці з'єднані еквіпотенціальною площиною. Тож ці резистори з'єднані між собою паралельно. Тому намалюємо два паралельно з'єднаних резистора між клемою A та першою еквіпотенціальною площиною (мал. 8).



$$R_{AB} = \frac{R}{2} + \frac{R}{4} + \frac{R}{6} + \frac{R}{6} + \frac{R}{4} + \frac{R}{2}$$

Мал. 8

Розглянемо ділянки кола, розміщені на мал. 6 між першою та другою еквіпотенціальними поверхнями. Початки цих резисторів з'єднані площиною 1, а кінці резисторів належать еквіпотенціальній площині 2, тому ці чотири резистори між собою з'єднані паралельно.

Продовжуючи розглядати ділянки кола, розміщені між сусідніми еквіпотенціальними площинами, ми спростимо початкове електричне коло, отримавши схему, показану на мал. 8. Оскільки між точками рівних потенціалів струм не тече, стягнемо еквіпотенціальні площини в одну точку. Тоді ми отримаємо шість груп резисторів, які між собою з'єднані послідовно. Отже, загальний опір кола між точками A та B дорівнює:

$$R_{AB} = \frac{R}{2} + \frac{R}{4} + \frac{R}{6} + \frac{R}{6} + \frac{R}{4} + \frac{R}{2} = \frac{11R}{6} = \frac{11}{6} \text{ Ом.}$$

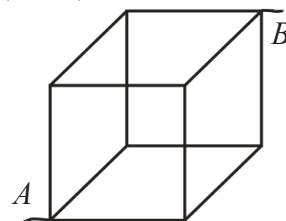
Відповідь: 11/6 Ом.

Зверніть увагу

Розглянутий метод можна використовувати для розрахунку не лише плоских, а й об'ємних електричних кіл.

Задача № 2

Використовуючи розглянутий метод, визначте опір кубика, спаяного з дротів однакових опорів r, між точками A і B (мал. 9).



Мал. 9

Розв'язання. Знайшовши точки рівного потенціалу, з'єднаємо їх еквіпотенціальними площинами (мал. 10). Перемалюємо схему, позначивши точки A і B та еквіпотенціальні поверхні. Визначимо, які резистори розміщені між сусідніми еквіпотенціальними поверхнями, та намалюємо їх на спрощеній схемі.