

Експериментальне дослідження електростатичного поля методом моделювання

Прилади і приладдя: 1) ванна з електродами різної форми, частково заповнена водою; 2) джерело живлення; 3) вольтметр; 4) пантограф із зондом; 5) масштабна лінійка.

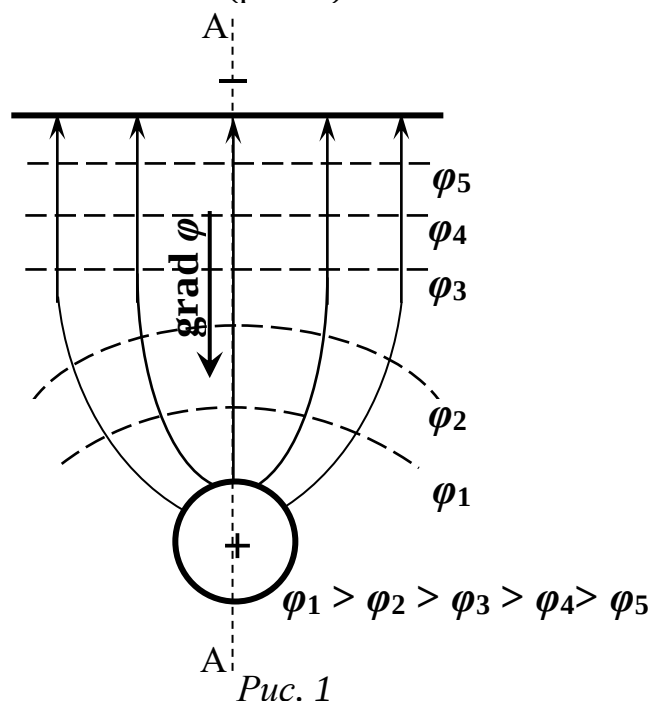
Мета роботи: дослідження електростатичного поля методом моделювання.

Опис приладу і теоретичні відомості

Для характеристики електростатичного поля в кожній точці простору використовують вектор напруженості $\vec{E}$ поля і потенціал φ поля. Ці величини зв'язані співвідношенням:

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi.$$

Знаючи розподіл ліній рівного потенціалу, можна, з огляду на те, що лінії напруженості перпендикулярні екіпотенціальним лініям у точках перетинання, побудувати лінії напруженості поля (рис. 1).



У більшості випадків геометричне розташування електродів занадто складне, щоб екіпотенціальні лінії можна було визначити аналітично. У цих випадках застосовують пристрої, що дозволяють завдяки аналогії між розподілом електричного потенціалу і розподілом відповідної величини в системі пристрою легко побудувати екіпотенціальні лінії. Вивчення електростатичного поля замінюють вивченням його на моделі, що представляє собою електричне поле постійного в часі (стаціонарного) струму в слабко провідному середовищі

між електродами, форма і взаємне розташування яких такі ж, як і в досліджуваному полі. У такому середовищі поле в просторі має ту ж конфігурацію, яку воно мало б у непровідному середовищі та у вакуумі.

Таким чином, електростатичне поле в непровідному середовищі (у вакуумі або діелектрику) і поле постійних струмів в однорідному середовищі практично однакові, обидва поля потенційні, а їхні лінії напруженості перпендикулярні поверхням заряджених провідників – електродів (поблизу цих поверхонь). Через те, що існують прості способи і прилади для виміру різниці потенціалів, розподіл потенціалів простіше вивчати експериментально.

Дослідження розподілу потенціалів в електростатичному полі здійснюється за допомогою методу зонда. Сутність цього методу складається у введенні в досліджувану точку поля, створюваного зарядженими провідниками (електродами), спеціального електрода – зонда, з'єднаного з приладом, що вимірює потенціал точки, в якій розміщено зонд.

Експериментальна установка складається з ванни, виконаної з матеріалу з високими електроізоляційними властивостями, джерела живлення і вольтметра (рис. 2).

У ванну поміщені металеві електроди, поле між якими досліджується, і налита вода шаром близько 5 мм. Питома провідність води порядку $10^{-3} - 10^{-2} \text{ См/м}$, а питома провідність матеріалу електродів 10^{-7} См/м .

При роботі необхідно цілком усунути можливість електролізу рідини, оскільки виникаючі пухирці газу викликають місцеві зміни потенціалу і приводять до значних неточностей. Тому роботу варто проводити зі змінною напругою.

Для фіксації положення і форми екіпотенціальних ліній користуються спеціальним пристрієм – пантографом. До кінця направляючої лінійки прикріплюють зонд 2, що переміщається з лінійкою в горизонтальній площині над ванною. Нижній кінець зонда поміщають у воду. Пантограф служить для фіксації екіпотенціальних ліній на листі паперу. Система лінійок улаштована так, що олівець на пантографі повторює рух зонда, залишаючи на папері слід.

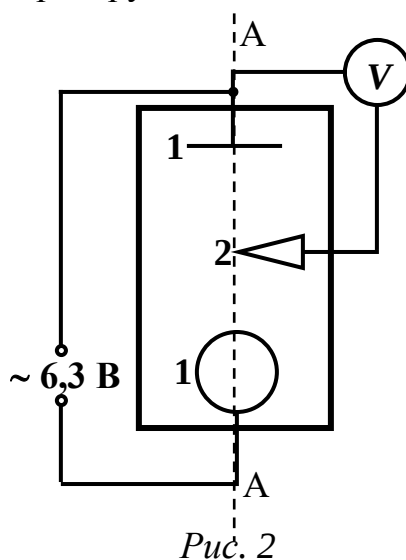


Рис. 2

Щоб приступити до побудови на папері екіпотенціальних ліній досліджуваного електричного поля, необхідно одержати контури горизонтальних перетинів електродів, встановлених у ванні. Для цього при *виключеному* джере-

лі живлення потрібно обвести зондом контури поверхонь електродів. Для одержання на папері зображення точок рівного потенціалу досліджуваного поля необхідно, переміщаючи зонд в електролітичній ванні, визначати точки з однаковим потенціалом. Повторюючи ці операції для різних значень потенціалу зонда, на папері одержують зображення сімейства екіпотенціальних ліній досліджуваного поля. За отриманим розташуванням екіпотенціальних ліній можна побудувати лінії напруженості поля.

Вимірювання

1. Зібрати коло як на рис. 2.
2. Помістити зонд у точку, що знаходиться поблизу одного з електродів, записати показання вольтметра і відзначити точку з отриманим значенням потенціалу.
3. Переміщаючи зонд, знайти ще 4–6 точок, що мають такий же потенціал і розташованих по ту ж сторону осі симетрії AA , а потім знайти аналогічні точки з іншого боку цієї осі.
4. Побудувати екіпотенціальні лінії, для цього на рисунку з'єднати точки з однаковим значенням потенціалу.
5. Повторити виміри для інших значень потенціалу. У просторі між електродами необхідно одержати не менш 7-ми ліній рівного потенціалу.
6. Побудувати лінії напруженості.
7. Побудувати графік залежності потенціалу φ поля від координати x . Значення x вибрати для точок, що належать осі симетрії. Початок відліку сполучити з поверхнею електрода, поблизу якого зареєстрований менший потенціал.

При побудові графіків $E(x)$ і $\varphi(x)$ та для спрощення розрахунків E доцільно вимірювати відстань не від опорного електрода до точки, у якій розглядається екіпотенціальна лінія, а відстань від зображення опорного електрода до зображення відповідної екіпотенціальної лінії, отриманої за допомогою пантографа.

Порівнюючи відстань L між електродами в електролітичній ванні і відстань ℓ між зображенням цих електродів на папері, одержуємо масштабний коефіцієнт, який дорівнює $\frac{L}{\ell}$.

Цей коефіцієнт враховується безпосередньо при виборі масштабу по осі абсцис при побудові графіків залежностей $\varphi(x)$ і $E(x)$.

8. Користуючись побудованим графіком $\varphi(x)$, методом чисельного диференціювання знайти напруженість E поля для різних значень x , вважаючи, що

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x},$$

де $\Delta\varphi$ – зміна потенціалу на відрізок Δx .

Розрахунок за наведеною формулою проводити у такій послідовності. Вибравши значення x_1 , установити за графіком значення φ_1 , що відповідає значенню x_1 , а потім значення φ_2 для $x_2 = x_1 + \Delta x$.

Розділивши $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ на Δx , одержимо числове значення напруженості

E поля, яке варто віднести до середини вибраного інтервалу $x_1, x_1 + \Delta x$. Розрахунок виконати для 7–8-ми значень x , що охоплюють увесь інтервал відстаней між електродами. Значення $\Delta x, \Delta \varphi$, значення координат, що відповідають серединам інтервалів Δx (у таблиці ця величина позначена x_i), E занести в таблицю. По отриманим даним побудувати графік залежності $E(x)$.

№ ви- міру	Δx_i , мм	$\Delta \varphi_i$, В	Координата середини інтер- валу x_i , мм	E , В / м
1				
...				
10				

Контрольні питання.

1. Що називають напруженістю $\vec{E}$ і потенціалом φ електричного поля? Який зв'язок між ними?
2. Як зобразити силове поле, знаючи розподіл екіпотенціальних ліній.
3. Пояснити розподіл ліній напруженості та екіпотенціальних ліній для дослідженого поля.
4. Який має вигляд теоретична залежність $E = f(x)$? Чому?

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. – К.: Техніка, 2001. – Т.2, розд.2.