

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕНЗОРІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ В АНІЗОТРОПНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Пріщенко О.П.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Розглянемо як приклад закон Ома. У анізотропному середовищі електропровідність  $\sigma$  буде залежати від напрямку, і закон Ома не може бути описаний в простій формі. Для простоти розглянемо двовимірний випадок (рис. 1), коли в обраній системі координат  $(X_1; X_2)$  вектори  $E$  напруженості електричного поля і  $j$  щільності струму не збігаються. А це може бути лише в разі нерівності  $\sigma_{11} \neq \sigma_{22}$ , тобто електропровідність вздовж одного з координатних напрямків не збігається з електропровідністю вздовж іншого координатного напрямку. Для осевих напрямків  $(e_1, i\ e_2)$ , кожне з яких в анізотропному середовищі характеризується певним значенням електропровідності ( $\sigma_{11}$  і  $\sigma_{22}$  відповідно), значення компонент щільності струму будуть наступними:

$$j_1 = \sigma_{11} \cdot E_1 \cdot j_2 = \sigma_{22} \cdot E_2 \cdot j_3 = 0.$$

При нерівності значень електропровідності в цих напрямках (тобто  $\sigma_{11} \neq \sigma_{22}$ ) вектор щільності струму  $j$ , який дорівнює сумі його компонент:  $j = j_1 + j_2$  не співпадатиме у напрямку з вектором напруженості електричного поля  $E = E_1 + E_2$  (рис. 1).

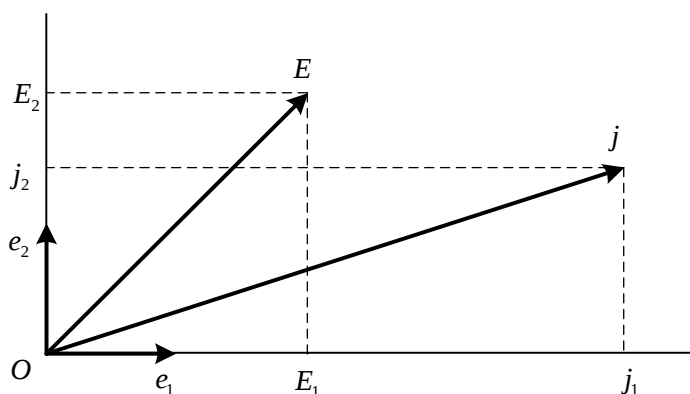


Рис. 1 – Ілюстрація закону Ома в анізотропному середовищі, для якого  $\sigma_{11} \neq \sigma_{22}$  ( $\bar{e}_1$  і  $\bar{e}_2$  – орієнтування осей ортонормованої системи координат)

При переході до тривимірного випадку, тобто до трьох координатних векторів  $X_1, X_2, X_3$ , кожна компонента вектора  $j(j_1, j_2, j_3)$  буде залежати від усіх трьох компонент вектора  $E(E_1, E_2, E_3)$ . В результаті отримаємо систему лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} j_1 = \sigma_{11} \cdot E_1 + \sigma_{12} \cdot E_2 + \sigma_{13} \cdot E_3, \\ j_2 = \sigma_{21} \cdot E_1 + \sigma_{22} \cdot E_2 + \sigma_{23} \cdot E_3, \\ j_3 = \sigma_{31} \cdot E_1 + \sigma_{32} \cdot E_2 + \sigma_{33} \cdot E_3, \end{cases}$$

що дозволяє знайти щільність струму  $j(j_1, j_2, j_3)$  в кристалі, на який діє поле напруженості  $E$ .

Легко усвідомити сенс (і спосіб визначення) коефіцієнтів  $\sigma_{ik}$ . У компактному вигляді будь-яке з рівнянь системи може бути записано в наступному вигляді:  $j_i = \sigma_{ik} \cdot E_k$ .