

# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛОПОТУЖНОГО ТРИФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

**Коваленко М.А., асистент, Бобрієнко Т.В., студент**  
*НТУУ «КПІ», кафедра електромеханіки*

**Вступ.** В існуючих математичних моделях трансформаторів не враховуються в повній мірі поля розсіювання обмоток, кінцева довжина магнітного осердя, ступінчата форма стержня і ярма та характер навантаження.

В даній роботі розглянуто коло-польову тривимірну математичну модель, що враховує в повній мірі характер навантаження вторинної обмотки. Модель дозволяє отримати розподіл електромагнітного поля та враховує вплив полів розсіювання обмоток трансформатора.

**Мета роботи.** Метою роботи є розробка тривимірної коло-польової математичної моделі малопотужного двообмоткового трифазного трансформатора для розрахунку зовнішньої характеристики.

**Матеріали і результати досліджень.** Розроблена в роботі тривимірна коло-польова математична модель чисельно реалізована методом скінченних елементів в програмному пакеті COMSOL Multiphysics.

Модель приведено на рисунку 1 а: 1 – обмотка ВН; 2 – обмотка НН; 3 – стержень; 4 – ярмо.

Рівняння розрахунку електромагнітного поля в квазістатичному режимі має наступний вигляд [1]:

$$\vec{\nabla} \times \frac{1}{\mu} (\vec{\nabla} \times \vec{A}) - \gamma j \omega + \gamma \vec{v} \times (\vec{\nabla} \times \vec{A}) = -\vec{J}_{\text{стор}}$$

де:  $\mu, \gamma$  – магнітна проникність та електропровідність;  $\vec{v}, \vec{J}_{\text{стор}}$  – вектори швидкості руху середовища та сторонньої густини струму.

Для отримання однозначного розв'язку на межах розрахункової області задаються граничні умови: першого роду  $A(x,y,z,t)|_{G_1}=0$ ,  $\{x,y,z\} \in G_1$  та умови періодичності.

Як правило, при розрахунку трансформатора задається густина струму.

$$J_{\text{экв}} = \frac{I_{\text{н}} \cdot W}{a \cdot S_{\text{п}}}$$

На рисунку 1 б представлено розподіл електромагнітного поля в момент часу  $t=0.03$  с, при максимальному значенні індукції  $B=1,35$  Тл, а також напрям струмів.

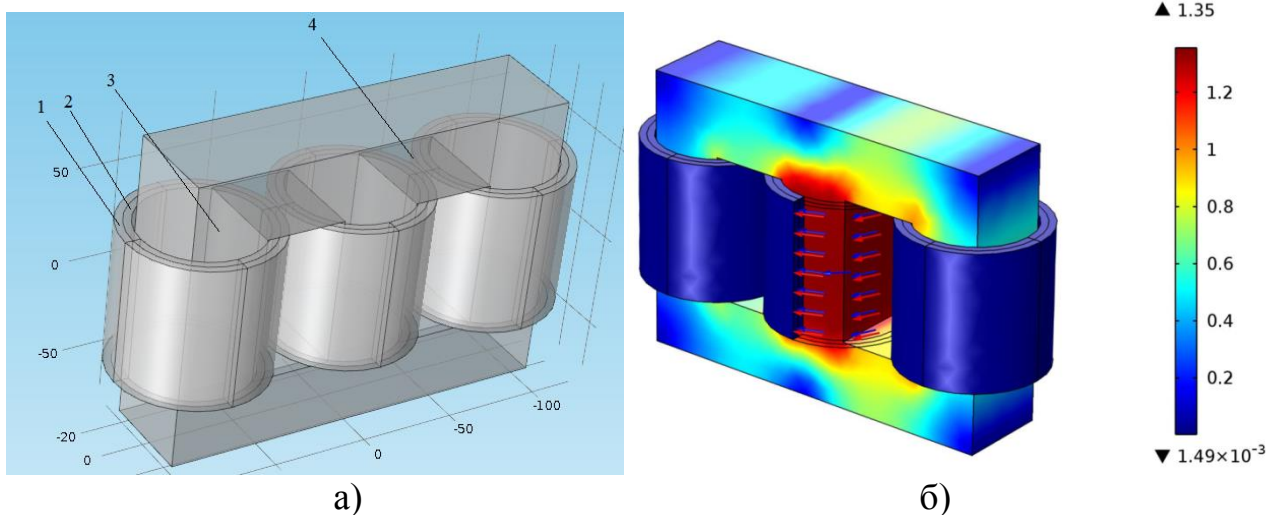


Рисунок 1 – Модель досліджуваного трансформатора

На рисунку 2 приведено порівняння зовнішньої характеристики трансформатора, отриманої за експериментальними і розрахунковими даними.

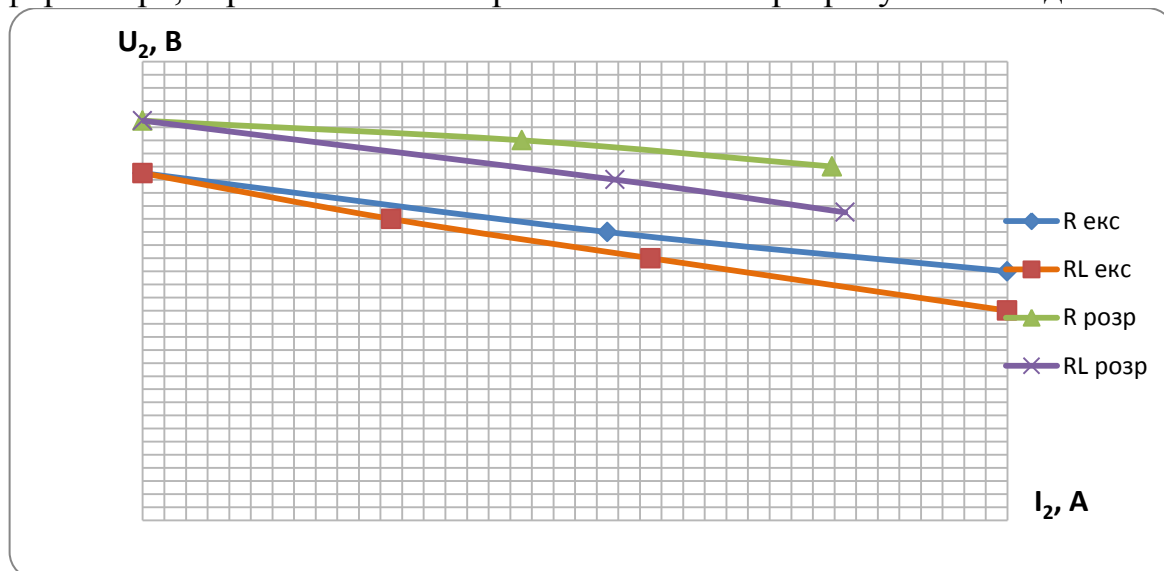


Рисунок 2 – Зовнішня характеристика за експериментальними і розрахунковими даними

На рисунку 2 можна побачити, що характеристика за розрахунковими даними проходить дещо вище за експериментальну приблизно на 5-10%. Це пояснюється похибкою вимірювання, а також припущеннями, прийнятними при розробці математичної моделі.

**Висновки:** в роботі проведено розрахунок зовнішньої характеристики трансформатора. Ця математична модель, на відміну від існуючих, враховує в повній мірі поля розсіювання обмоток, кінцеву довжина магнітного осердя, ступінчасту форма стержня і ярма та характер навантаження вторинної обмотки.

#### Перелік посилань

1. Васьковський Ю.М. Польовий аналіз електричних машин: Навч. Посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 192 с.