

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОКОТУШКОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ІНДУКЦІЙНОГО РЕОСТАТУ

*С'янов О.М., доктор технічних наук, професор,
Alexandr.sianov@gmail.com;*

Косухіна О.С., кандидат технічних наук, доцент, e_kos@ukr.net;

Косухін О.В., аспірант, kosukhin24@gmail.com;

Малюк В.В., аспірант, malyk1993@ukr.net;

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське. Україна

Основним завданням при розробці й створенні індукційних реостатів (ІР) [1] є одержання якомога більших меж зміни еквівалентних електромагнітних параметрів при мінімальних масогабаритних показниках і високій технологічності виготовлення.

На рис.1 показана одна фаза двокотушкового ІР, утворена шляхом обертання плоского перетину навколо осі симетрії.

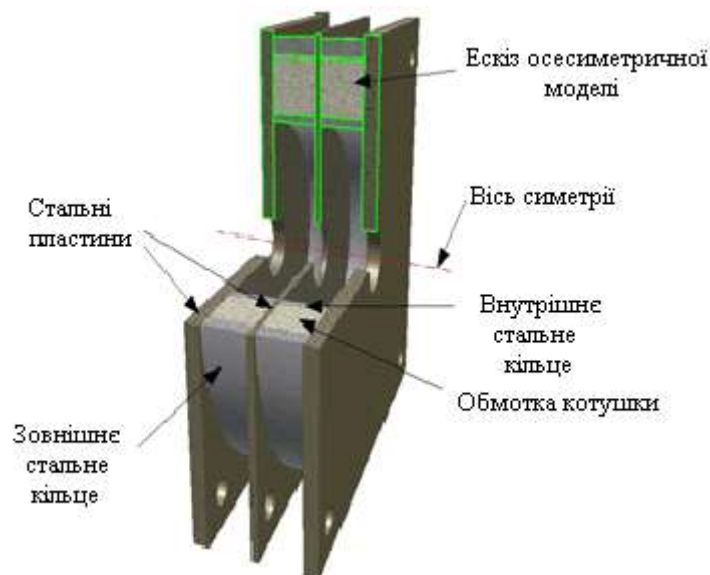


Рисунок 1. Зовнішній вигляд однієї фази ІР

Складність геометричних форм, необхідність врахування нелінійних властивостей матеріалів, а також усе більш жорсткі вимоги, що висуваються на практиці до точності електромагнітних розрахунків, з одного боку, вказують на обмежену область застосування аналітичних методів, а з іншого боку, підкреслюють актуальність розробки універсальних чисельних алгоритмів, орієнтованих на застосування сучасних ЕОМ. Маючи у своєму розпорядженні такі алгоритми, що дозволяють варіювати геометрією, властивостями матеріалів і інших характеристик, з'являється можливість замінити тривалий і дорогий експеримент швидким і ефективним розрахунком різних

варіантів конструкції з наступним вибором раціональнішої. При цьому створюються передумови для автоматизації проектування ІР. Отже, на сучасному етапі для проектування ІР повинні застосовуватися підходи, що базуються на чисельних методах і моделях.

Повна тривимірна математична модель ІР в польовій постановці матиме вигляд [2]:

$$-\nabla(\nu\nabla A) = \left\{ \begin{array}{l} 0 - \text{в повітряному просторі} \\ -\sigma \frac{\partial A}{\partial t} - \text{в екрані ІР} \\ \frac{N_{Wr} i_{02}}{S_{Wr}} - \text{в котушці ІР} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де A – векторний магнітний потенціал; σ – питома провідність середовища; N_{Wr} – кількість витків котушки ІР; S_{Wr} – площа, яку займає котушка; i_{02} – струм в котушці.

Опираючись на представлену математичну модель ІР у польовій постановці, у роботі досліджено електромагнітні параметри двокотушкової конструкції.

На рис. 2 представлені тривимірний й двовимірний дискретні моделі досліджуваного зразка ІР, побудовані на основі тетраедрального й двовимірного симплекс-елемента відповідно. Кількість вузлів тривимірної моделі становить 36421, кількість елементів – 18481; двовимірної моделі – 3414 і 1863 відповідно.

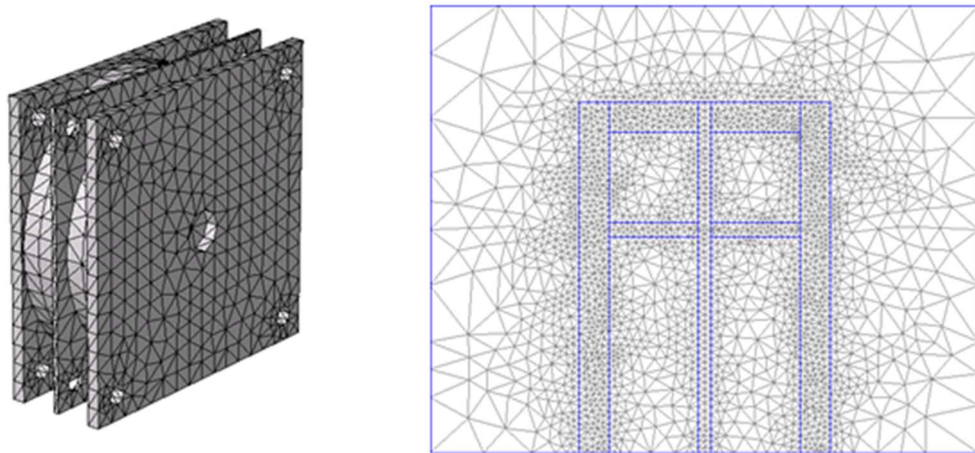


Рисунок 2. Тривимірний й двовимірний дискретні моделі ІР

Отримані дискретні моделі досліджувалися у квазістатичних режимах при впливі живлячої напруги 10 - 200 В і частотах 5, 50, 100 Гц. На рис. 3 показані розрахункові криві залежності величини повного опору однієї фази ІР від струму в обмотках для тривимірної й двовимірної моделей.

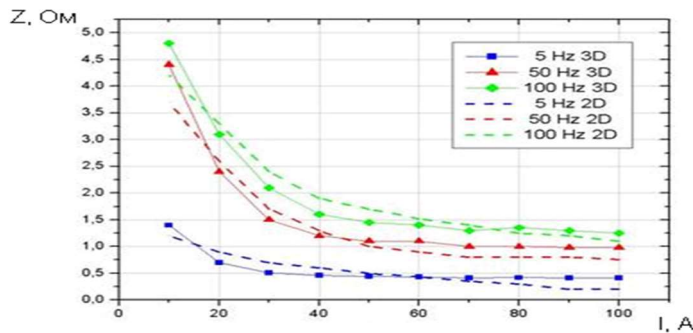


Рисунок 2. Залежність повного опору IP від струму

З рис.3 слідує, що відхилення значень повного опору однієї фази IP для двовимірної моделі від значень повного опору для тривимірної моделі

при частотах 5, 50 і 100 Гц перебувають у межах 2-8%, що є прийнятним у рамках інженерної точності. Таким чином, в умовах обмежених обчислювальних ресурсів дослідження двовимірної моделі може бути раціональним і обґрунтованим.

Література

1. Проектування асинхронних двигунів /А.П. Вербовой, П.Ф. Вербовой, О.М. С'янов – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. – 528 с.
2. О.М. С'янов, О.С. Косухіна, Р.М. Поляков Дослідження впливу частоти струму на опір індукційного реостату за допомогою розв'язку рівнянь поля в тривимірній постановці. - Математичне моделювання. №2 (37) – Кам'янське, 2017. – С. 25-28.

Анотація

Опираючись на представлену математичну модель індукційного реостату у польовій постановці, у роботі досліджено електромагнітні параметри двокотушкової конструкції. Використання розрахунків у двовимірній осевій моделі дозволяє уникнути складних розрахунків у тривимірному випадку. При цьому даний підхід дозволяє одержати задовільну точність розрахунку.

Ключові слова: індукційний реостат, електромагнітні параметри, тривимірна модель.

Аннотация

Опираясь на представленную математическую модель индукционного реостата в полевой постановке, в работе исследованы электромагнитные параметры двухкатушечной конструкции. Использование расчетов в двухмерной осевой модели позволяет избежать сложных расчетов в трехмерном случае. При этом данный подход позволяет получить удовлетворительную точность расчета.

Ключевые слова: индукционный реостат, электромагнитные параметры, трехмерная модель.

Abstract

Based on the presented mathematical model of induction rheostat in field setting, the electromagnetic parameters of two-coil structures are investigated. Using the calculations in two-dimensional axial model helps to avoid the complex calculations in three-dimensional case. At the same time, this approach allows to obtain satisfactory accuracy of calculation.

Keywords: induction rheostat, electromagnetic parameters, three-dimensional model.