

М.О. Соловей, Т.В. Селівьорстова

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
АСИНХРОННОГО ДВИГУНА
ЗАСОБАМИ COMSOL MULTIPHYSICS**

Анотація. Описаний процес створення моделі асинхронного двигуна за допомогою пакету COMSOL Multiphysics. Показані розподіли магнітного поля та напруженості магнітного поля, що надало можливість оцінити технічні характеристики асинхронного двигуна.

Ключові слова. Асинхронний двигун, магнітне поле, напруженість магнітного поля, COMSOL Multiphysics.

Як відомо, з числа різних видів сучасних електричних машин найпоширенішою в наші дні є асинхронна безколекторна машина, вживана зазвичай в якості двигуна. Причини виключно широкого поширення асинхронного двигуна - його простота і дешевизна, яка визначається його конструктивними особливостями. Загальний недолік асинхронних машин - це відносна складність і неекономічність регулювання їх режимів роботи, в зв'язку з цим побудова і реалізація математичних моделей асинхронного двигуна є актуальною практичною задачею.

Метою роботи є побудова імітаційної моделі асинхронного двигуна у COMSOL Multiphysics, з метою дослідження його фізичних властивостей.

В процесі побудови імітаційних математичних моделей обов'язкове виконання низки етапів [1 – 8]. На початку моделювання проводиться збір попередньої інформації про об'єкт моделювання (таблиця 1). На рисунку 1 наведено принципову схему асинхронного двигуна змінного струму, частота обертання ротора якого не дорівнює частоті обертання магнітного поля, створюваного струмом обмотки статора.

Таблиця даних

Швидкість	Момент	Напруга	Втрати ротору	Втрати Статору
0	3.825857	0.637157	1455.644	17.40541
200	6.505013	0.845368	1179.541	16.98615
400	-3.89264	1.477981	120.0092	1.383889
600	-5.75939	0.76176	1314.613	17.87566
800	-3.59076	0.617891	1548.24	16.88702
1000	-2.70051	0.575699	1710.686	14.32059
1200	-2.24996	0.556196	1878.926	12.01166

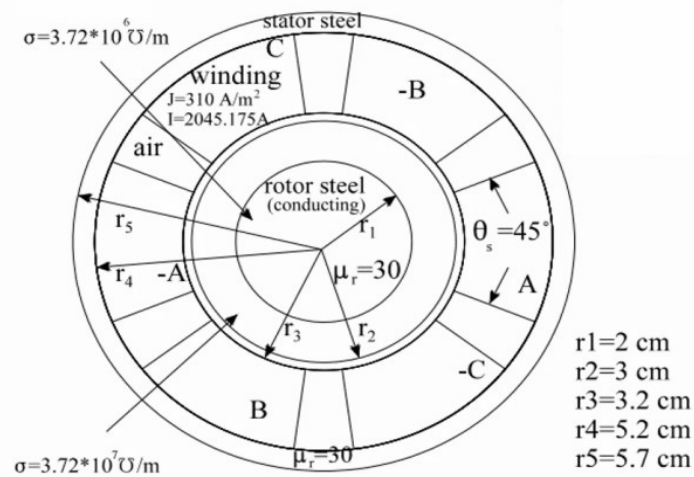


Рисунок 1 - Асинхронний двигун

Наступним кроком побудували геометричну модель (рисунок 2), згідно рисунку 1, в результаті чого отримали загальний вигляд асинхронного двигуна.

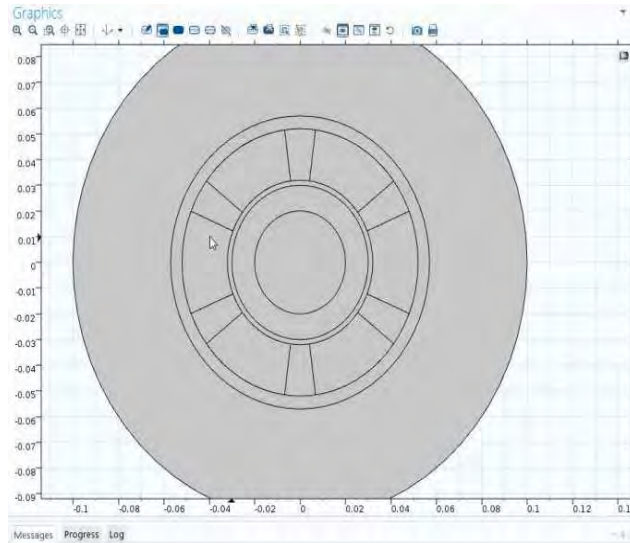


Рисунок 2 - Модель асинхронного двигуна, побудована у COMSOL Multiphysics

Наступним важливим етапом є завдання властивостей матеріалів. На вкладці Material (COMSOL Multiphysics) задали електропровідність повітря 0, відносні магнітні проникності epsilon і μ_{rel} - по 1. Для магнітопроводу ротора: електропровідність 1.6 [MS / m], epsilon 1, магнітна проникність 30. Використовуючи duplicate призначили параметри магнітопроводу статора, так як він шихтований магнітопровідність не враховується 0, epsilon 1, магнітна проникність 30. Задали ще один матеріал - алюміній. Для нього електропровідність 37.2 [MS / m], відносні магнітні проникності epsilon і μ_{rel} - по 1 .

Використали граничну умову Magnetic Insulation, яка позначає що силові лінії магнітного поля не виходять за ці границі, а замикаються всередині об'єкта моделювання.

Джерела магнітного поля задано на основі Multi - Turn - Coil. Струм для фази А описується виразом $J_{coil} \cdot \text{intop}(1) \cdot \text{sqrt}(2)$. Для фаз В та С струм буде зміщуватись на 120 градусів. Шар нескінченних елементів доданий в домені Infinite element.

На основі геометрії та налагоджень параметрів математичних рівнянь отримані результати математичного моделювання магнітного поля для швидкості 1200 [rad/s] (рисунок 3), 330 [rad/s] (рисунок 4) та напруженості магнітного поля (рисунок 5).

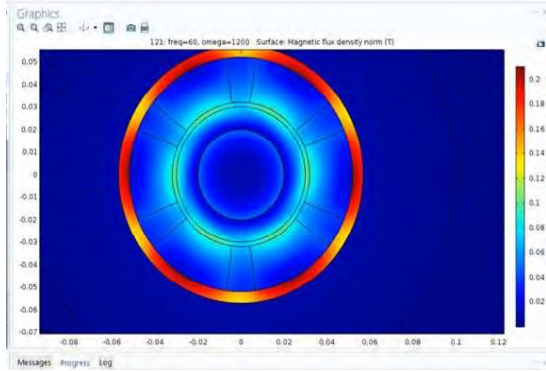


Рисунок 3

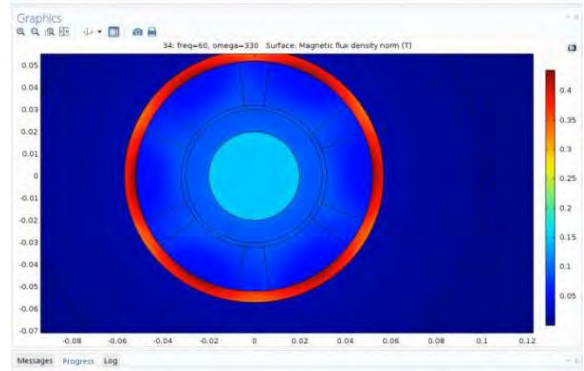


Рисунок 4

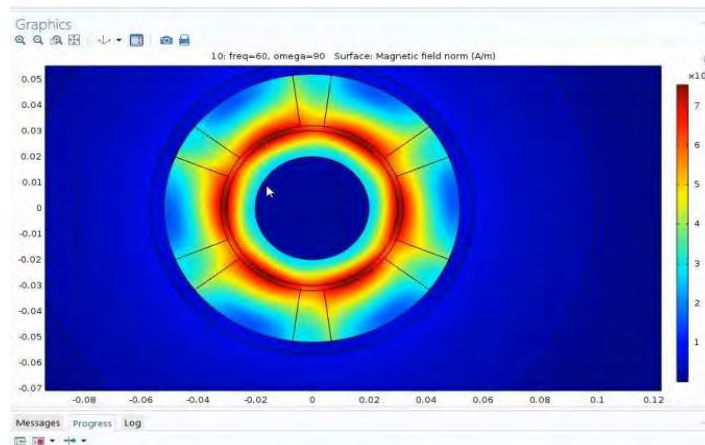


Рисунок 5 - Напряженість магнітного поля

Інструментарій COMSOL Multiphysics надає можливість порівняння результатів отриманих шляхом чисельного розрахунку з аналітичним рішенням (таблиця 1), які були імпортовані до робочої області та представлені на рисунку 6.

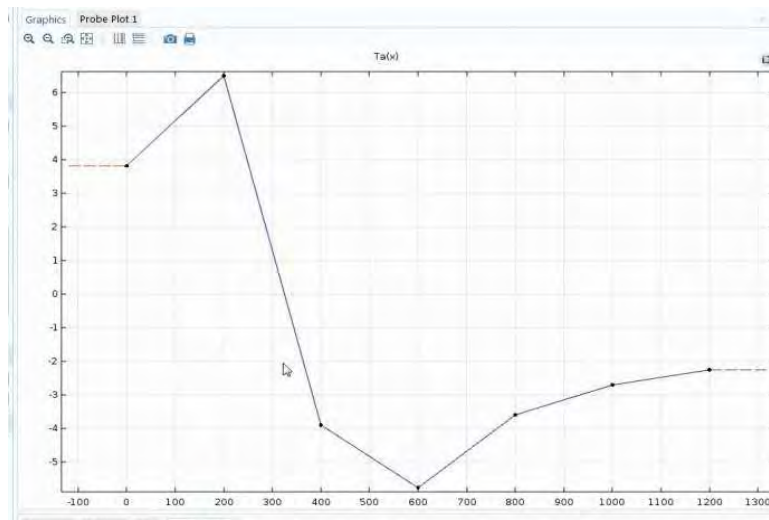


Рисунок 6

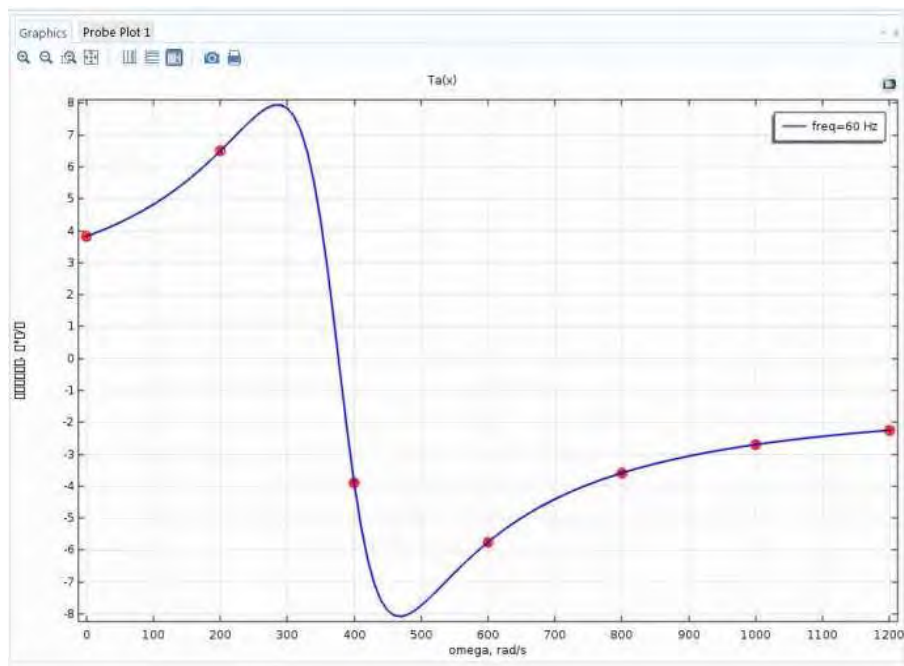


Рисунок 7

Для коректного порівняння результатів потрібно аналітичні значення накласти на модельні. Результат суміщення чисельного та аналітичного розрахунку наведений на рисунку 6, з якого випливає гарне співставлення числових значень.

Висновки

В процесі створення моделі асинхронного двигуна за допомогою пакету COMSOL Multiphysics були отримані розподіли магнітного поля та напруженості магнітного поля, що надало можливість оцінити технічні характеристики асинхронного двигуна.

Проведено співставлення результатів, отриманих за допомогою аналітичного рішення та результатів, знайдених за допомогою COMSOL Multiphysics, яке показало їхню збіжність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт програмного продукту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.comsol.ru/comsol-multiphysics#toc>, вільний. – Заголовок з екрану.
2. Офіційний сайт програмного продукту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.comsol.ru/products>, вільний. – Заголовок з екрану.
3. Муса S.M. Чисельні методи кінцевих елементів, в області нанотехнологій. CRC Press, 2012.

4. Красніков Г.Є. Моделювання фізичних процесів з використанням пакета COMSOL Multiphysics. / Красніков Г.Є., Нагорнов О.В., Старостін Н.В. М.: НІЯУ МІФІ, 2012.
5. Pryor R.W. Мультифізичне моделювання за допомогою COMSOL. Jones & Bartlett Publishers, Inc., 2011.
6. Трухан С.Н. , Деревщиков В.С. Комп'ютерне моделювання процесів і явищ. Навчально-методичний комплекс. - Новосибірськ : Новосибірський національний дослідницький державний університет , 2012.
7. Огородніков А.С. Моделювання в середовищі COMSOL 3.5a . Частина 1. Навчальний посібник. - Томськ : Изд - во Томського політехнічного університету , 2012.
8. Вознесенський А.С. Комп'ютерне моделювання в COMSOL. Частина 2. Підручник для вузов - М .: МДГУ , 2010. - 107с.