

## СИНХРОННО-РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Васьковський Ю. М., д.т.н., професор, Павлюк В. В., магістр  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

**Вступ.** Синхронно-реактивним двигуном з постійними магнітами (СРДПМ) називають електричний двигун змінного струму, електромагнітний момент якого має дві складові, а саме: реактивний електромагнітний момент явноплюсної синхронної машини, який виникає внаслідок різних значень магнітної провідності по повздожній і поперечній осям ротора за рахунок конструктивного виконання в роторі наскрізних каналів; електромагнітний момент, утворений магнітними потоками постійних магнітів (ПМ) (рис. 1).

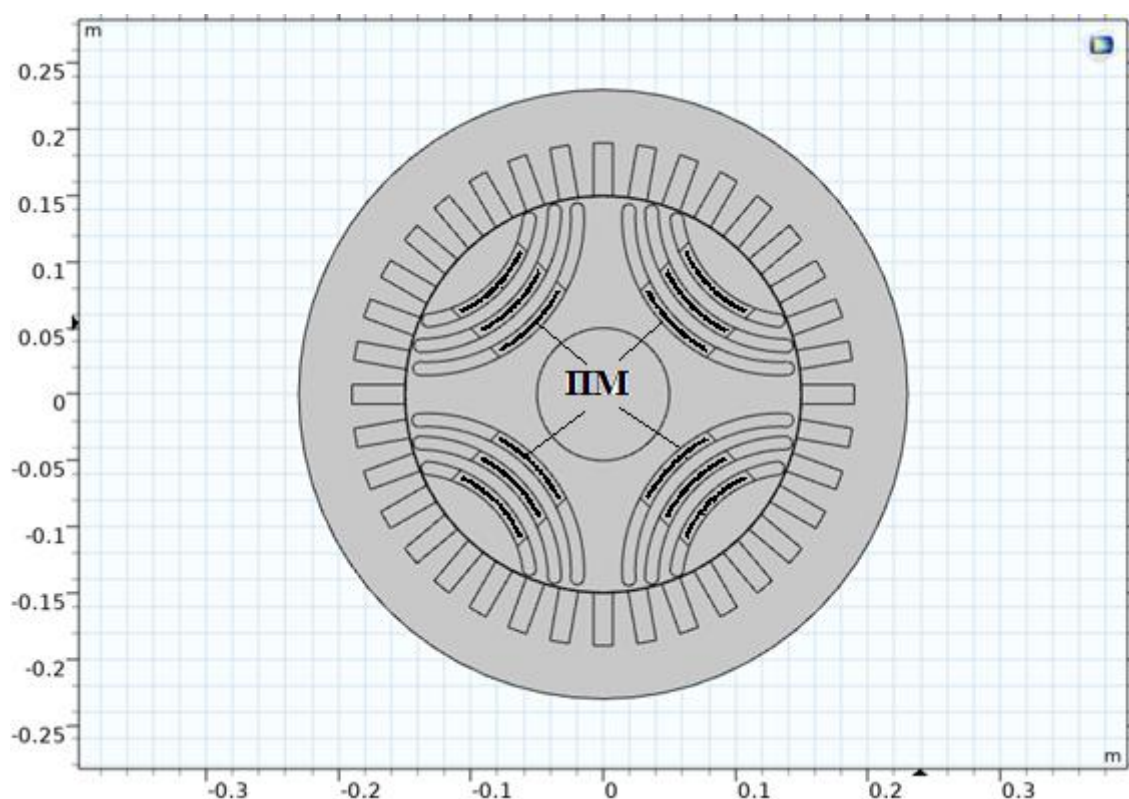


Рисунок 1 – Синхронно-реактивний двигун з постійними магнітами

**Мета роботи.** Порівняльний аналіз характеристик електромагнітного моменту синхронно-реактивного двигуна при наявності і відсутності постійних магнітів на роторі.

**Матеріали і результати досліджень.** Широкого поширення набули синхронно-реактивні двигуни (СРД), їх особливістю є конструкція ротора який має магнітну несиметрію повздожній і поперечній осям. Величину корисного електромагнітного моменту такого двигуна можливо значно покращити додавши у конструкцію ротора рівномірно намагнічені постійні магніти. Для порівняння значень моментів двигуна з ПМ і без них було виконано математичне моделювання в середовищі COMSOL Multiphysics.

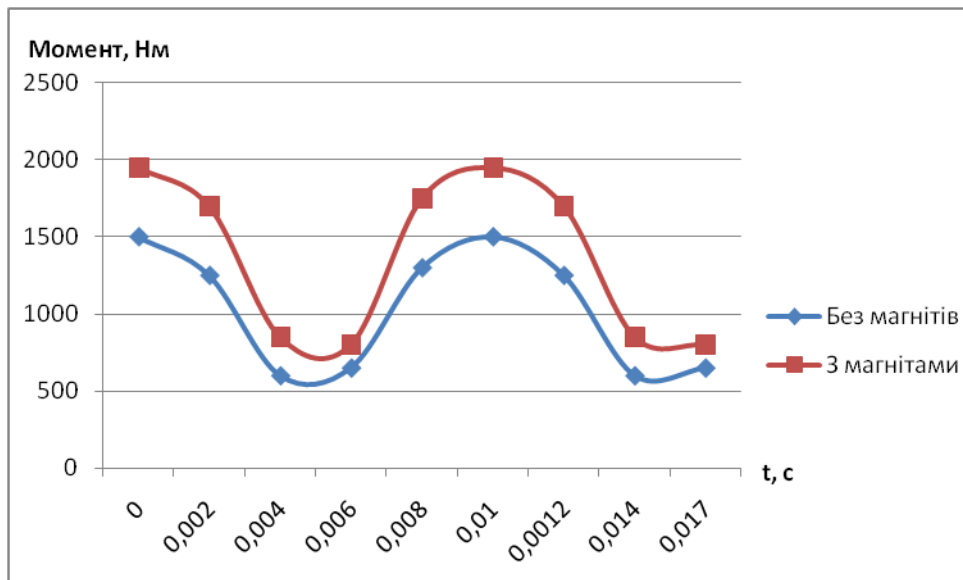


Рисунок 2 – Графік порівняння електромагнітного моменту двигуна з постійними магнітами та без них

На рис. 2 приведено графіки змін у часі електромагнітного моменту СРД і СРДПМ з однаковими даними, з якого витікають наступні висновки:

1. Амплітудне і середнє значення електромагнітного моменту в СРДПМ є більшим, ніж в СРД, аналогічного за габаритами і обмотковими даними: середнє значення в СРДПМ складає 1375 Нм, а в СРД – 1050 Нм.

2. В обох варіантах двигунів спостерігаються суттєві пульсації моменту з амплітудою: для СРД 450 Нм (43% від середнього значення) і 575 Нм для СРДПМ (42% від середнього значення). Такий великий рівень пульсацій обумовлений великим відкриттям пазів статора у порівнянні з величиною повітряного проміжку двигуна і є мало прийнятним.

Таким чином використання постійних магнітів на роторі СРД дозволило в тих же габаритах двигуна суттєво (на 31%) збільшити середнє значення рушійного електромагнітного моменту двигуна, що забезпечило йому важливу перевагу у порівнянні зі звичайним СРД з пасивним ротором. Слід підкреслити, що розрахунки двох зазначених варіантів виконувалися при умові однакових струмів в обмотці статора і однаковій швидкості обертання ротора. Оскільки потужність двигуна визначається як добуток електромагнітного моменту на швидкість обертання, то при збільшенні моменту, очевидно, збільшується потужність, яку споживає двигун. Це означає, що при однаковому струмі в обмотці статора збільшується напруга живлення двигуна для подолання проти-ЕРС в обмотці статора, яка індукована обертовим магнітним потоком постійних магнітів.

Результати моделювання свідчать, що при збільшенні середнього значення моменту одночасно на 27% збільшилися амплітуда змінної складової електромагнітного моменту. Тобто робота СРДПМ буде супроводжуватися більшим рівнем вібрації і шуму.

Останнє є суттєвим недоліком СРДПМ, який вимагає удосконалення конструкції двигуна, що було розглянуто в наступному розділі роботи.

Одним з варіантів зменшення пульсацій електромагнітного моменту є зменшення відкриття пазів статора шляхом заміни відкритої конструкції паза на напіввідкриту (рис. 3).

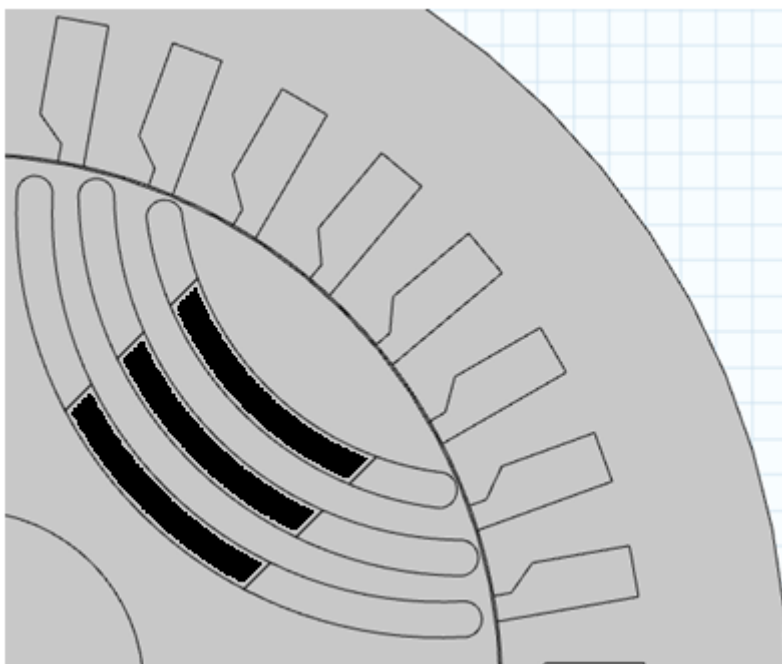


Рисунок 3 – Вид конструкції напіввідкритого паза

Після удосконалення конструкції паза статора на напіввідкритий отримано наступні результати. В СРДПМ максимальне значення моменту зменшилося з 1950 Нм до 1640 Нм (в 1,2 рази), а середнє значення збільшилося з 1375 Нм до 1383 Нм (на 1%). При цьому амплітуда пульсацій суттєво, в 2,24 рази, зменшилася (складає 15,7% від середнього значення, що значно менше від 42% при відкритих пазах). В СРД максимальний момент також зменшився з 1500 Нм до 1225 Нм (в 1,22 рази), але зменшився і середній момент з 1050 Нм до 943 Нм (в 1,11 раз). Амплітуда пульсацій зменшилася в (1,61 разів – складає 30% від середнього значення).

**Висновок.** Конструкція СРДПМ має суттєві переваги перед традиційною конструкцією СРД. Зокрема збільшується величина електромагнітного моменту у порівнянні з аналогічним двигуном з пасивним ротором, збільшується коефіцієнт потужності двигуна і, отже, знижуються втрати в міді обмотки статора двигуна, збільшується ККД. Тому подальша розробка і оптимізація СРДПМ є актуальним напрямком досліджень двигунів зазначеного типу.

#### Перелік посилань

1. Б. Г. Любарський, Л. В. Овер'янова, Є. С. Рябов, Д. І. Якунін, О. О. Островерх, Ю. В. Воронін Оцінка головних розмірів тягового синхронно-реактивного електродвигуна з постійними магнітами // Електротехніка і Електромеханіка, 2021, № 2, с. 3-8.
2. <https://konstruktions.ru/podrobnее-elekt/sinxronnyе-reactivnyе-dvigateli-perspektivny-vo-mnogix-promyshlennyx-primenenijax-2144.html>.