

СИНХРОННО-РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

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

Вступ. Одним з найсуттєвіших недоліків синхронних двигунів з постійними магнітами є наявність пульсацій моменту. Цей ефект значною мірою пов'язаний з наявністю зубців статора, появою додаткових моментів від магніторушійної сили постійних магнітів, а також від величини і змінного характеру провідності повітряного проміжку.

Мета роботи. Дослідити шляхи зменшення амплітуди пульсацій моменту в синхронних двигунах з постійними магнітами.

Матеріали і результати досліджень. Розглянута на рис.1 конструкція синхронного двигуна зараз широко використовуються в електротранспорті який набуває широкого використання, і тому покращення його характеристик є потребує впровадження додаткових технічних рішень [1]. Рис. 1 демонструє синхронний реактивний двигун з постійними магнітами (СРДПМ) – це двигун змінного струму, електромагнітний момент якого має дві складові, а саме: реактивний електромагнітний момент явно полюсної синхронної машини, який виникає внаслідок різних значень магнітної провідності по повздовжній і поперечній осям ротора за рахунок конструктивного виконання в роторі наскрізних каналів; електромагнітний момент, утворений магнітними потоками постійних магнітів (ПМ) [2]. Наведені результати було отримано шляхом моделювання в середовищі COMSOLMultiphysics.

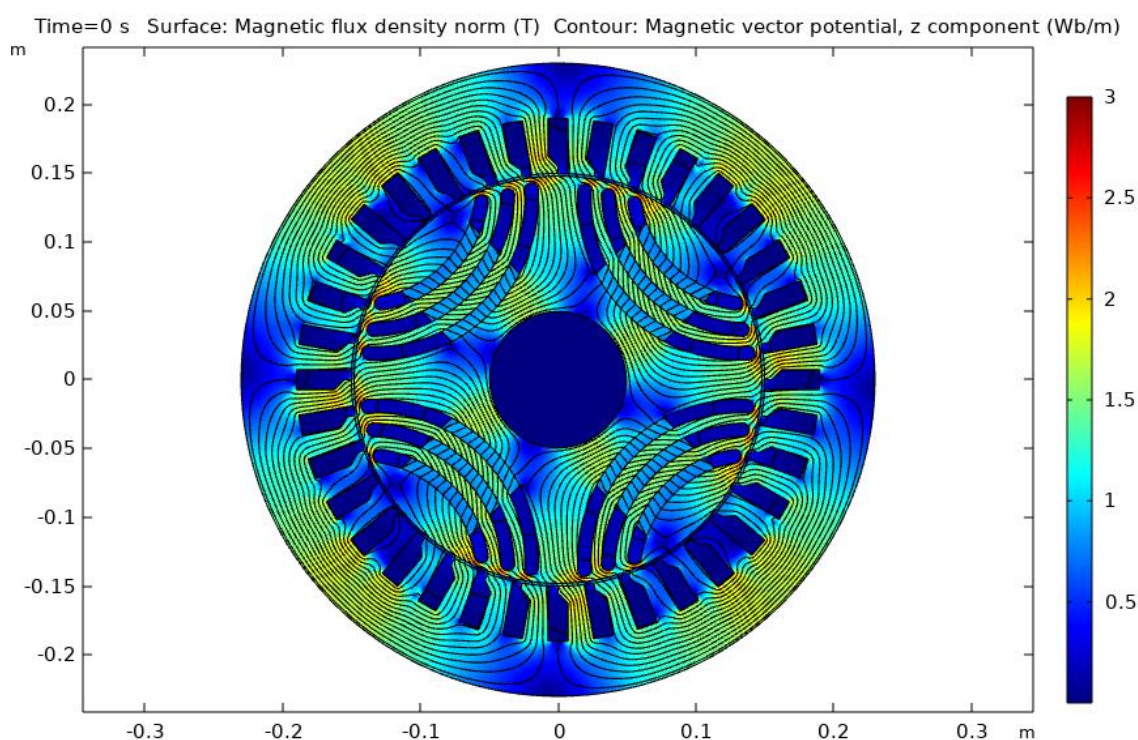


Рисунок 1 – Синхронний реактивний двигун з постійними магнітами

Перший крок удосконалення конструкції для зменшення амплітуди пульсацій моменту полягав у виконанні на статорі напіввідкритих пазів замість відкритих (рис. 2).

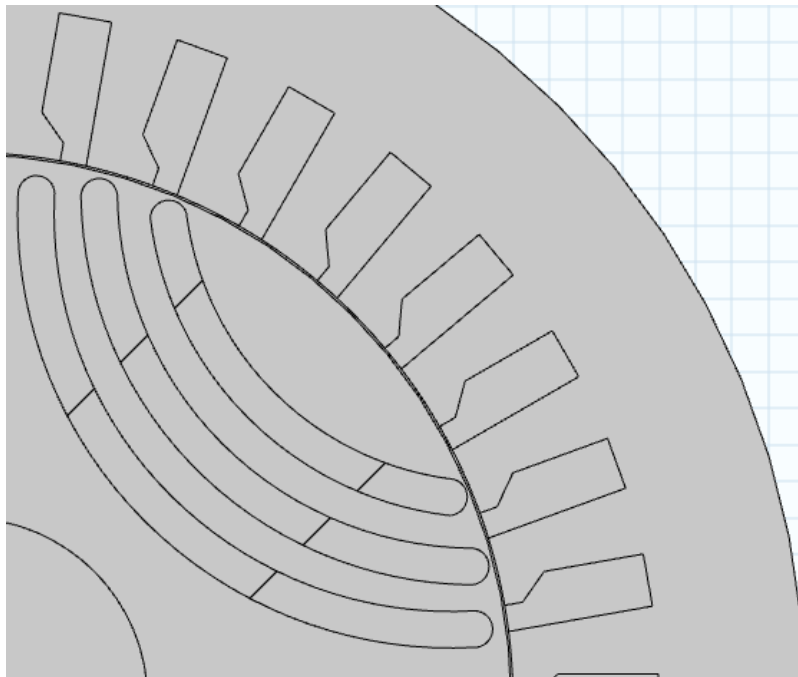


Рисунок 2 – Вид конструкції напіввідкритого пазу

Ефективність застосування такого технічного рішення у порівнянні з аналогічним двигуном з відкритими пазами демонструється наступними результатами, отриманими на прикладі тягового двигуна потужністю 180 кВт. Максимальне (пікове) значення моменту зменшується в 1,5 рази, проте середнє значення практично не змінюється. При цьому амплітуда пульсацій зменшується в 2,24 рази, що складає ~15% від середнього значення. При відкритих пазах цей показник становить більше 40%.

Наступним кроком є оптимізація величини повітряного проміжку (ПП) [3]. Якщо порівняти наведеній двигун з ПП 0,5 мм та 1 мм (рис. 3) можна наочно побачити що величина пульсацій моменту зменшилася з 450 Нм при ПП 0,5 мм до 360 Нм при ПП 1 мм.

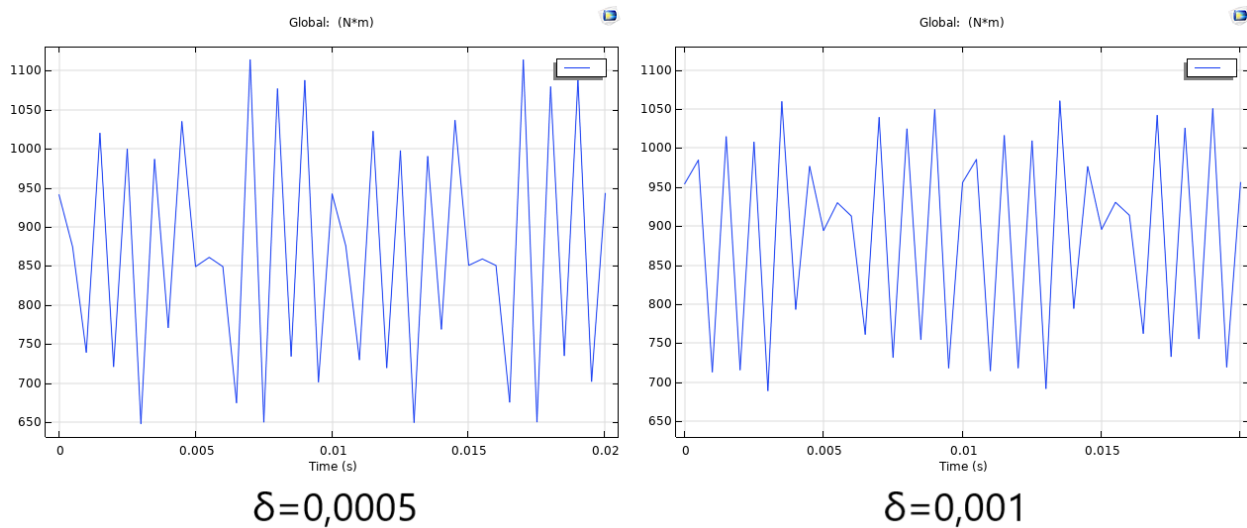


Рисунок 3 – Характеристика моменту СРДПМ з напіввідкритими пазами та ППІ 2мм

Також ефективним кроком зменшення пульсацій моменту є виконання скосу розташування ПМ на роторі таким чином, щоб різні частини постійних магнітів по довжині ротора знаходилися під різними пазами статора (рис. 4).

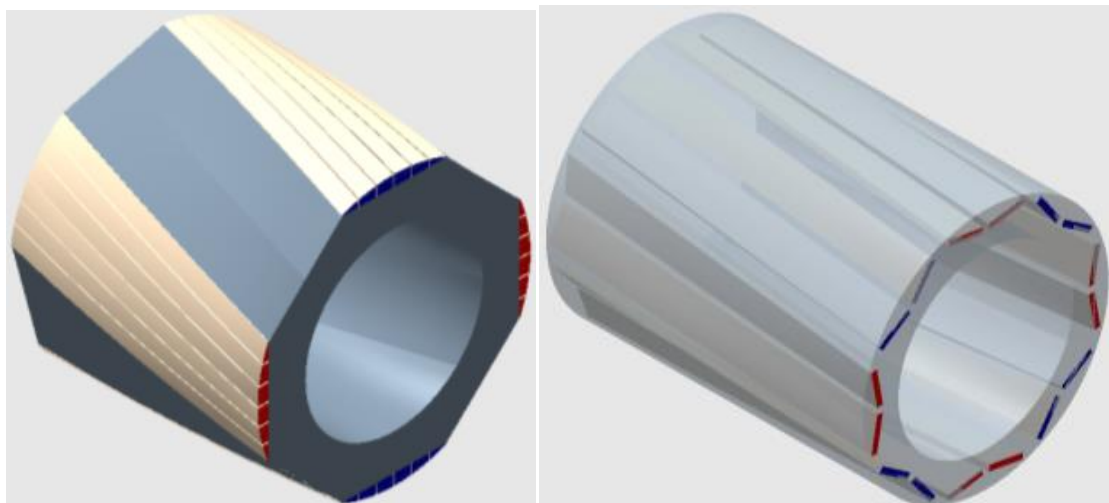


Рисунок 4 – Концепції виконання скосу магнітів

При виконанні скосу на половину зубцевої поділки статора максимальні значення моменту будуть компенсуватися мінімальними, що зменшує піки на кривій моменту (рис. 5) [4].

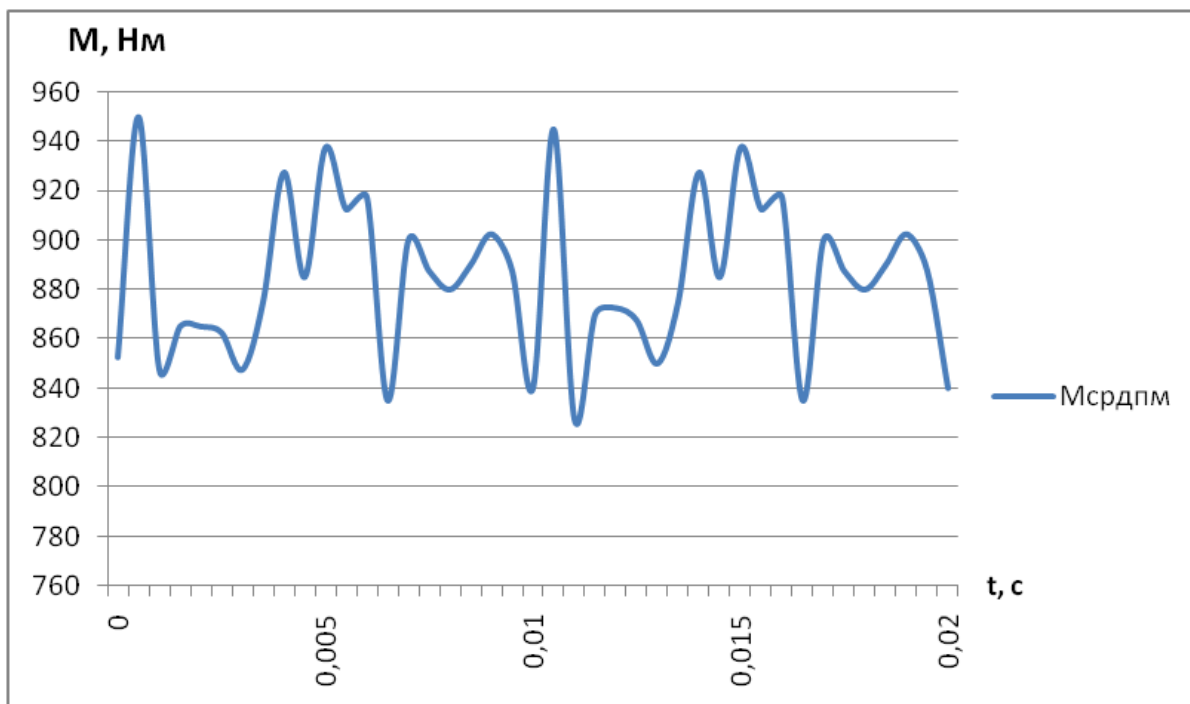


Рисунок 5 – Графік моменту СРДПМ зі скошеними магнітами

Висновки. В роботі наведено 3 технічні рішення, направлені на зменшення пульсацій моменту СРДПМ. Їх можливо використовувати окремо, проте найбільша ефективність досягається саме їх поєднанням. Після застосування усіх зазначених заходів коефіцієнт пульсацій моменту зменшився в 10 разів. Певним недоліком є те, що виконання напіввідкритих пазів статора і скосу ПМ ускладнює технологію виготовлення двигуна.

Перелік посилань

1. J. Haataja, J. Pyrhoenen // Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor: an Alternative Motor in Variable Speed Drives.
2. W. Wu, X. Zhu, L. Quan, Y. Du, Z. Xiang and X. Zhu, Design and Analysis of a Hybrid Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor Considering Magnetic Saliency and PM Usage, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 28, no. 3, pp. 1-6, April 2018, Art no. 5200306, doi: 10.1109/TASC.2017.2775584.
3. Jamal Dehghani Ashkezari, Hassan Khajeroshanaee, Mohsen Niasati, Mohammad Jafar Mojibian. Optimum design and operation analysis of permanent magnet-assisted synchronous reluctance motor // Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences. 2017, №25.pp.1894-1907.doi:10.3906/ELK-1603-170
4. Method to Improve the Efficiency of the Traction Rolling Stock with Onboard Energy Storage / S. Yatsko, A. Sidorenko, Ya. Vashchenko, B. Lyubarskyi, B. Yeritsyan. INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH, 2019