

УДК 658.562

Куваєв М.В., студент групи 131м-23н-1**Наукові керівники: Дербаба В.А., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства****Рубан В.М., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ПАКЕТУ РОТОРА СИНХРОНОГО ДВИГУНА З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Синхронні двигуни з постійними магнітами (СДПМ) [1] за рахунок використання потужних постійних магнітів мають високі енергетичні показники та добрі експлуатаційні характеристики, що дозволило, при використанні відповідних систем керування, зайняти СДПМ перше місце в області сервоприводів та приводів, де потрібен високий момент.

Ротори СДПМ можуть виконуватися зовнішніми або внутрішніми. Зовнішній ротор дозволяє отримати більш високий момент за рахунок більшого радіусу, але він є складнішим в виробництві, менш надійним та є більш небезпечним через те, що фактично зовнішня частина корпусу СДПМ є рухомою частиною. Також ротори СДПМ можливо поділити за принципом розташування магнітів у роторі. Перша технологія – це поверхнево наклеєні магніти, тому в іноземній літературі вони отримали назву **SPMSM** (Surface mounted permanent magnet synchronous motors). Інший варіант – це вбудовані у ротор постійні магніти, і такі машини мають наступне скорочення **IPMSM** (interior permanent magnet synchronous motors).

В SPMSM магніти приклеюються безпосередньо на поверхні ротора. За своїми властивостями вони нагадуються синхронні машини з неявно-вираженими полюсами, тобто через незначну зміну індуктивності повздовж повітряного зазору реактивна складова сумарного електромагнітного моменту незначна.

В IPMSM магніти вбудовані всередину ротора. Для цього в залізі ротора передбачаються спеціальні отвори. Це спричиняє збільшення реактивної складової електромагнітного моменту.

До переваг SPMSM треба віднести простоту конструкції та високі динамічні характеристики. Також дані машини потребують меншу за IPMSM кількість рідкоземельного магнітного матеріалу, що є важливим чинником, через високу вартість рідкоземельних магнітів. До недоліків, в першу чергу, треба віднести високі вимоги щодо точності виготовлення та монтажу магнітів. На високих швидкостях обертання в магнітах будуть більш високі втрати на вихрові струми, а ніж в IPMSM.

Головною перевагою IPMSM є механічно міцний та добре збалансований ротор. Магніти знаходячись в роторі більш захищені від розмагнічуючого впливу реакції якоря. Недоліками є необхідність використання більшої кількості магнітів у порівнянні з SPMSM, необхідність більш складних алгоритмів керування.

Важливим питанням при проектуванні роторів з вбудованими магнітами є вибір товщини стінки карману під магніт в пакеті ротора, оскільки одночасно він повинен бути доволі тонким, щоб зменшити поля розсіювання, які негативно впливають на електромагнітний момент СДПМ, і достатньо міцним, щоб витримувати відцентровані сили під час експлуатації.

Був проведений розрахунок [2, 3] у спеціальному програмному забезпеченні на міцність пакету ротора СДПМ з вбудованими магнітами.

Розглянуто 1/12 частину конструкції. Конструкція навантажена відцентровою силою від обертання ротора зі швидкістю 12000 об/хв. Матеріал ротора – сталь М350 DIN EN 10106, ІЕС 60404-8-4, механічні властивості якої наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Механічні властивості сталі М350 DIN EN 10106, ІЕС 60404-8-4 при температурі 20°C

Межа міцності, МПа	Межа текучості, МПа
461	320

Результати розрахунку наведені на рис.1

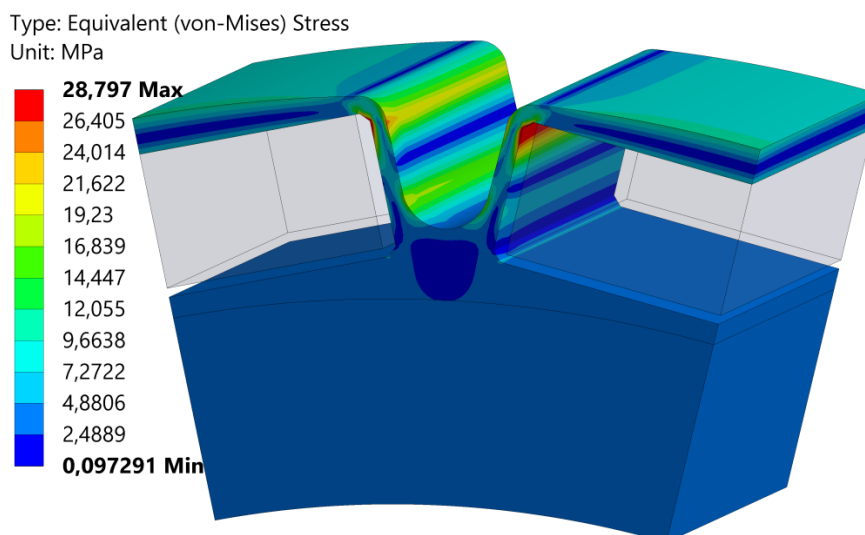


Рисунок 1 – Еквівалентні напруження в роторі при частоті обертання 12000 об/хв

Висновок: Максимальні напруження в роторі становили 29 МПа. Запас міцності ротора становить $n_b = 461/29 = 15,9$. Запас по межі текучості становить $n_t = 320/29 = 11$. Отримані результати задовольняють вимогам норм міцності Розрахунок на міцність підтвердив надійність конструкції пакету ротора, і показав, що можливе подальше вдосконалення конструкції ротора шляхом зменшення товщини стінки карману під магніт, що може покращити механічні характеристики СДПМ.

Список використаних джерел:

1. R. Fischer, Elektrische Maschinen, 1st ed. München: Hanser, 2013.
2. Методи оптимізації процесів і систем. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спец. 151 Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології (174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка») / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Т. Р. Клочко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,53 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 194 с.
3. Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації [Електронний ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-проф. прогр. «Комп'ютерно- інтегровані системи та технології в приладобудуванні» / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 115.44 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 267 с.