

РОЗДІЛ 4. СТРУКТУРНО-СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ СИНХРОННИЙ ДВИГУН З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ ДЛЯ СВЕРДЛОВИННОГО НАСОСА

¹Чумак В.В., к.т.н., доц., ²Святненко В.А., ст. викл., ¹Троцюк В.О., магістрант КІП ім. Ігоря Сікорського, ¹кафедра електромеханіки, ²кафедра теоретичної електротехніки

Вступ. До теперішнього часу парк двигунів для свердловинних насосів в Україні складався більшою частиною з асинхронних двигунів. Узв'язку з швидким розвитком елементної бази, а саме появою та широким застосуванням висококоерцетивних магнітів, таких як NdFeB, SmCo5 з'явилась можливість заміни асинхронних двигунів на більш ефективні з точки зору питомої енергії та маси синхронних магнітоелектричних двигунів.

Мета роботи. Підвищення ефективності свердловинних насосів за рахунок впровадження в якості робочих двигунів синхронних магнітоелектричних машин з магнітоелектричними роторами різних конструкцій.

Матеріали та результати досліджень. Особливості проектування електродвигунів для свердловинних насосів залежать від типу насоса, умов роботи, вимог до енергоспоживання і надійності. Існують різні види електродвигунів, що застосовуються у складі електроприводу заглибних насосів, такі як синхронні, асинхронні, індукторні, магнітоелектричні та інші. Кожен із них має свої переваги та недоліки, а також особливості конструкції та регулювання.

Синхронні машини з постійними магнітами мають високий ККД, надійність і простоту конструкції завдяки відсутності щіток та обмоток збудження. Основним недоліком для застосування в електроприводі є неможливість керувати магнітним потоком. У режимі двигуна збільшення швидкості обертання супроводжується зростанням зворотної електрорушійної сили, що робить небезпечною експлуатацію машини. Через високі значення зворотної електрорушійної сили (ЕРС) ізоляція обмоток і напівпровідникові елементи інвертора можуть бути пошкоджені. Таким чином, значення зворотної ЕРС повинна бути обмежена в номінальному діапазоні [1].

Основні особливості свердловинних електродвигунів такі:

- електродвигуни мають бути повністю герметичними, оскільки вони працюють у зануреному стані та піддаються впливу вологи, тиску, температури й агресивних середовищ;

- електродвигуни мають бути стійкими до корозії, тому їх виготовляють із нержавіючої сталі, чавуну або інших міцних матеріалів;

- електродвигуни повинні мати високий пусковий момент, оскільки вони запускаються під навантаженням і повинні подолати опір води;

- електродвигуни повинні мати високий ККД і низький рівень шуму, оскільки вони працюють безперервно і споживають велику кількість енергії.

Пропонується в існуючому свердловинному насосі працюючому в системі Водоканал місто Суми замінити асинхронний двигун 37 кВт $2p=2$ на синхронний двигун з постійними магнітами аналогічної потужності та швидкості.

Для вибору основних розмірів електродвигуна з постійними магнітами задавалися такі вихідні дані:

$P_H = 37$ кВт – номінальна потужність;

$n = 6000$ об/хв – номінальна частота обертання;

$\eta = 95\%$ – ККД електродвигуна;

$D_{BK} = 195$ мм – зовнішній діаметр корпусу;

$h_{CT} = 7,5$ мм – товщина стінки корпусу;

$B_\delta = 0,6$ Тл – середня індукція в зазорі;

$A = 250$ – лінійне струмове навантаження (вибирається за графіком для заглибних електродвигунів, виходячи з номінальної потужності.

Розрахункова активна потужність.

$$P_{\text{акт}} = \frac{P_H}{\eta} = \frac{37}{0,95} = 38,95 \text{ кВт}$$

Розрахунковий момент

$$M = \frac{P_{\text{акт}}}{\omega} = \frac{P_{\text{акт}}}{2\pi f} = \frac{38,95}{2\pi \cdot 100} = 62,02 \text{ Нм}$$

Діаметр статора зовнішній

$$D_{CB} = D_{BK} - (2 \cdot h_{CT}) = 195 - 15 = 180 \text{ мм}$$

Було проведено електромагнітний розрахунок та розрахунок робочих характеристик даного двигуна для 6 варіантів.

Для аналізу та розрахунку було обрано два типи ротора, що мають суттєві відмінності за розташуванням магнітів. У чисельній моделі (Rotor 1) постійні магніти мають тангенціальне розташування в пазах ротора, у моделі (Rotor 2) - радіальне (рис. 2). Під час розрахунку характеристик електродвигунів із двома типами роторів варіювалися такі параметри: товщина магнітів – $h_{PM} = 5 \div 15$ мм; аксіальна довжина магнітної системи – $L_a = 220 \div 250$ мм; тип постійних магнітів - феритові, неодимові [2].

У результаті попередніх розрахунків було встановлено, що в разі використання феритових магнітів можливо отримати задану номінальну потужність $P = 37$ кВт, однак густина струму в обмотках має бути не меншою за $J = 16$ А/мм², що призведе до нагрівання обмоток і магнітів вище за допустиму температуру. Тому подальші розрахунки було проведено для неодимових магнітів типу N42SH, які мають температурну стабільність до 150°C. Також у результаті серії попередніх розрахунків було встановлено, що номінальна потужність може бути досягнута при аксіальній довжині магнітної системи, що дорівнює $L_a = 240$ мм [2].

Для чисельних досліджень було взято шість конфігурацій магнітної системи ротора (рис. 1). Три розрахункові моделі електродвигунів мають тангенціальне розташування постійних магнітів – (Rotor 1.1, Rotor 1.2, і Rotor 1.3), відповідно моделі – Rotor 2.1, Rotor 2.2 і Rotor 2.3 мають радіальне розташування магнітів.

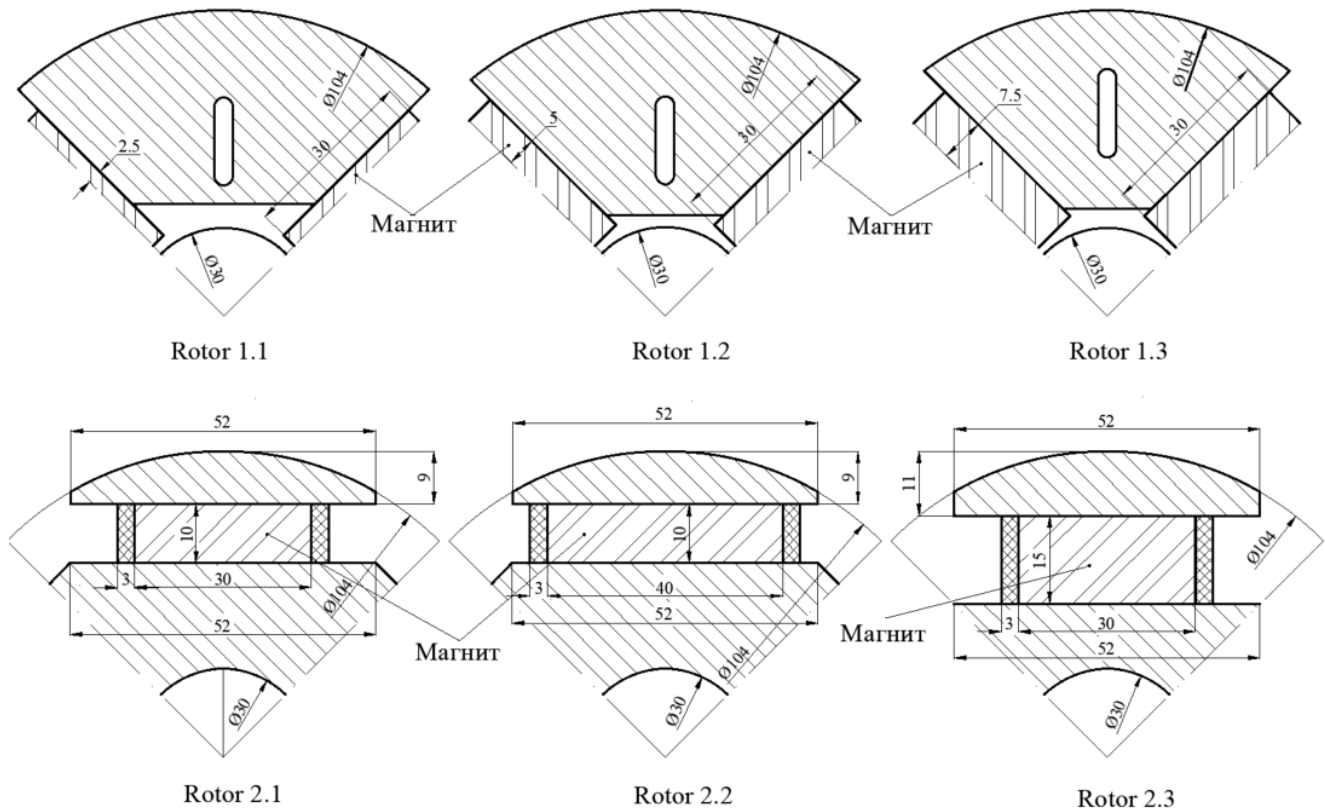


Рисунок 1 – Основні розміри роторів досліджуваних моделей

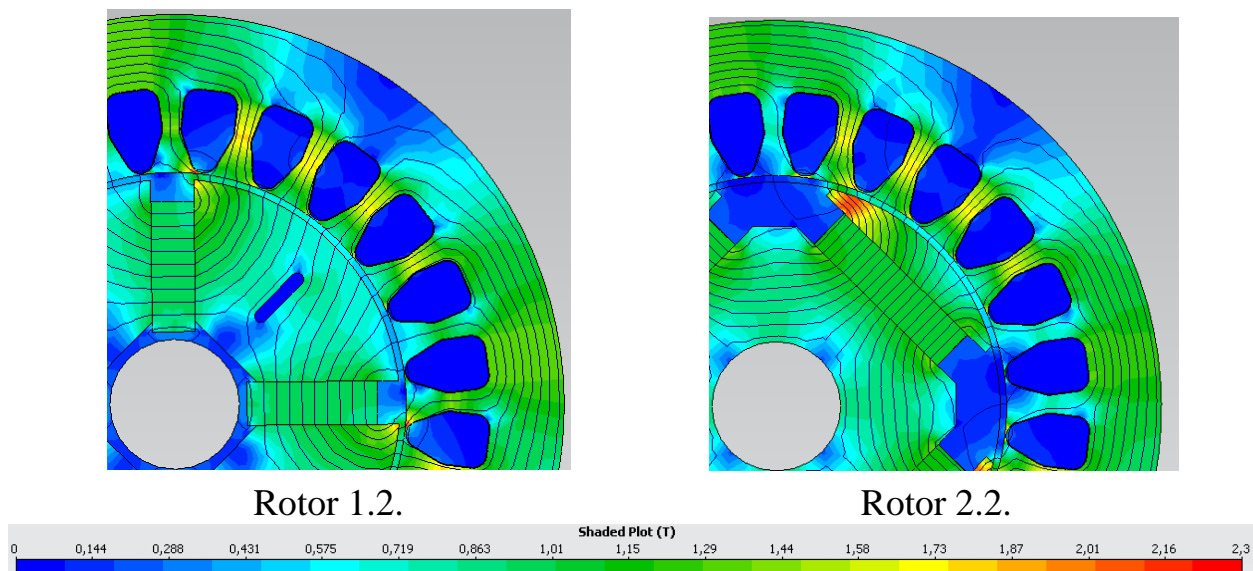


Рисунок 2 – Картина магнітного поля для моделей Rotor 1.2 і Rotor 2.2

Висновки. Розроблено параметричні комп'ютерні моделі та проведено чисельні дослідження шести варіантів конфігурації магнітної системи електродвигуна для свердловинного насоса потужністю $P_n = 37$ кВт.

У результаті чисельних досліджень визначено оптимальні параметри магнітної системи, які забезпечують задану потужність для номінальної частоти обертання за забезпечення заданого критерію, яким є максимальне відношення потужності до маси постійних магнітів.

Перелік посилань

1. Чумак В.В., Монахов Є.А., Стулішенко А.С. Порівняння синхронних машин гібридного збудження з машинами магнітоелектричного та електромагнітного збудження // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Розділ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – 2019. – Вип. 9, том 1. – 9 р. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-43.

2. Патент України на винахід № 115932 Електрична машина аксіального типу з постійними магнітами /Монахов Є.А., Чумак В.В. – а201604689; опубліковано 10.01.2018, бюл. № 1/2018.