

КОРОТКОЗАМКНЕНІ ОБМОТКИ З ПІДВИЩЕНОЮ НАДІЙНІСТЮ ДЛЯ РОТОРІВ ДОПОМІЖНИХ ТЯГОВИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Власюк М.М., спеціаліст, Гайденко Ю.А., к.т.н., доцент
НТУУ «КПІ», кафедра електромеханіки

Вступ. З практики експлуатації допоміжних тягових асинхронних двигунів (ТАД) відомі досить часті випадки виходу їх з ладу через ушкодження в короткозамкнених (КЗ) обмотках роторів. Багатьма науковцями і експертами подібний вид ушкоджень пов'язується з особливостями характеристик саме допоміжних ТАД, зокрема великими значеннями пускових моментів (кратність більше 3) і струмів (кратність більше 9), а також важкими умовами та середовищем експлуатації.

Мета роботи. Розробка конструкцій КЗ обмоток роторів допоміжних ТАД, які б: по-перше – забезпечували необхідні пускові властивості; по-друге – були б стійкими до важких режимів та умов роботи; по-третє – забезпечували високі енергетичні та теплові показники двигунів.

Матеріали і результати досліджень. В якості об'єкту дослідження обрано допоміжний ТАД типу НВА-55 для приводу компресора електровоза. ТАД виготовляється на Смілянському електромеханічному заводі та має наступні технічні дані (таблиця 1):

Таблиця 1 – Параметри НВА-55

| Параметр | Розмірність | Значення |
|---|-------------|--|
| Потужність на валу (номінальна) | кВт | 55 |
| Напруга фазна | В | 220 |
| Струм фазний | А | 114 |
| Синхронна частота обертання | об/хв | 1500 |
| ККД | % | 91,5 |
| cosφ | – | 0,802 |
| Пусковий момент (кратність) | в.о. | 3,2 |
| Пусковий струм (кратність) | в.о. | 9,4 |
| Матеріал та провідність КЗ обмотки ротора | – | Алюміній марки А5 ($\sigma_{\text{шт}}=27 \cdot 10^6 \text{ СМ/М}$) |

Завод-виробник даного типу двигуна отримувал багато рекламцій відносно виходу з ладу КЗ обмотки ротора. Очевидною причиною даної несправності могла бути неякісна заливка алюмінієм при виготовленні КЗ обмотки. Проте, заводом-виробником дана причина була відкинута оскільки якість заливки здійснюється на високому технологічному рівні і підтверджується подальшими випробуваннями.

Іншою очевидною причиною таких несправностей може бути надмірне та нерівномірне нагрівання з подальшою деформацією КЗ обмотки внаслідок важких умов експлуатації.

Відповідно, постала задача розробки такої конструкції обмотки, яка б відповідала вищезазначеним вимогам, особливо стосовно пускових

властивостей, та при цьому, була би більш стійкою до високих температур і технологічною при виготовленні.

Авторами запропоновано два варіанти конструктивного виконання КЗ обмотки ротора:

1) заміна матеріалу КЗ обмотки з алюмінію на латунь та заміна форми пазу з овального на прямокутний;

2) використання подвійної білячої клітки (пускова та робоча обмотки) на роторі з роздільними КЗ кільцями. Матеріалом пускової обмотки є латунь, а робочої – мідь.

Форма паза ротора для першого варіанту представлена на рис.1.а, а для другого – на рис.1.б. При цьому, конструкція статора та величина повітряного проміжку між статором і ротором залишилися незмінними, що важливо при виконанні ремонтних робіт на вже існуючих зразках даного типу допоміжних ТАД.

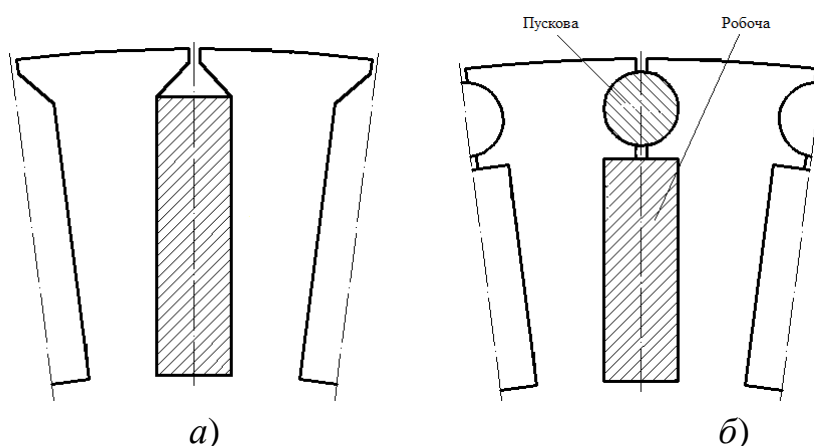


Рисунок 1 – Форми пазів для першої та другої конструкції КЗ обмотки ротора

Були підібрані відповідні розміри зубцево-пазової зони для обох варіантів конструкції КЗ обмотки ротора. Також підібрані марки латуні, що дозволяють забезпечити потрібні параметри цієї обмотки. Так, для першого варіанту використовувалась латунь марки ЛО 90-1, що має питому електропровідність $\sigma_{\text{пит}}=18,5 \cdot 10^6 \text{ См/м}$; в другому варіанті для пускової обмотки – латунь марки Л96 ($\sigma_{\text{пит}}=23,3 \cdot 10^6 \text{ См/м}$), для робочої – мідь ($\sigma_{\text{пит}}=57 \cdot 10^6 \text{ См/м}$).

Одержані характеристики допоміжного ТАД типу НВА-55 для різних конструкцій КЗ обмотки ротора приведені в табл.2.

Порівнюючи одержані результати можна відмітити наступне:

1) В обох запропонованих варіантах удосконалення конструкції КЗ обмотки ротора, збережено або, навіть, поліпшено пускові властивості двигуна. Зокрема у варіанті №1 з суцільною латунною кліткою ротора досягнуто зменшення пускового струму на 20%, що призведе до зменшення динамічних сил під час пуску на 36%;

2) кратність пускового моменту в усіх варіантах більше обумовленої в завданні величини ($M_{\text{п}}^*=3$);

3) електричні втрати в обмотці ротора у варіанті №2 з подвійною білячою кліткою зменшилися на 11%, що дозволило зменшити нагрів машини на 0,8%,

Таблиця 2 – Порівняльна оцінка ТАД типу НВА-55 з різними конструкціями КЗ обмотки ротора

| Параметр | Розмірність | Базовий варіант | Варіант №1 | Варіант №2 (подвійна біляча клітка) |
|---|-------------|--|---|---|
| Потужність на валу (номінальна) | кВт | 55 | | |
| Напруга фазна | В | 220 | | |
| Синхронна частота обертання | об/хв | 1500 | | |
| Струм фазний | А | 114 | 117 | 114 |
| ККД | % | 91,5 | 90,1 | 91,7 |
| cosφ | – | 0,802 | 0,792 | 0,801 |
| Ковзання в номінальному режимі | % | 2,2 | 3,56 | 1,95 |
| Максимальний момент (кратність) | в.о. | 4,6 | 3,85 | 4,02 |
| Ковзання при максимальному моменті | % | 22,3 | 29,56 | 17,02 |
| Пусковий момент (кратність) | в.о. | 3,2 | 3,424 | 3,05 |
| Пусковий струм (кратність) | в.о. | 9,4 | 7,5 | 7,97 |
| Електричні втрати в обмотці ротора | кВт | 1,26 | 2,075 | 1,117 |
| Макс. температура обмотки статора | °С | 127 | 133 | 126 |
| Матеріал та провідність КЗ обмотки ротора | – | Алюміній марки А5 ($\sigma_{\text{пит}}=27 \cdot 10^6$ См/м) | Латунь марки ЛО 90-1 ($\sigma_{\text{пит}}=18,5 \cdot 10^6$ См/м) | Латунь марки Л96 ($\sigma_{\text{пит}}=23,3 \cdot 10^6$ См/м) |

та збільшити загальний ККД на 0,2%. Варіант №1 за цими показниками хоч і гірший, але значення вказаних параметрів лежать в межах допустимих.

Висновки. Проведені дослідження дозволили запропонувати декілька практичних рекомендацій для виробника допоміжного ТАД типу НВА-55, щодо заміни білячої клітки ротора іншими конструкціями. Заміна існуючої КЗ обмотки ротора на одну з розглянутих типів дозволить значно підвищити надійність та дещо покращити енергетичні показники двигуна зберігаючи, при цьому, необхідні пускові властивості. Крім того, заміна клітки, яка заливається алюмінієм на клітку з вставними стержнями дозволить спростити технологічний процес та уникнути наявності раковин та тріщин, які неминуче з'являються в процесі заливки алюмінієм.

У варіанті з подвійною білячою кліткою обов'язковим є виконання окремих КЗ кілець для пускової і робочої обмоток через різний коефіцієнт теплового розширення у латуні і міді.

Загалом використання міді і латуні є більш виправданим для двигунів з підвищеним ковзанням оскільки ці матеріали мають більшу теплоємність, гнучкість і температуру плавлення.

Перелік посилань

1. Васьковський Ю.М., Гайденко Ю.А. Моделювання методами теорії поля характеристик тягових асинхронних двигунів в несиметричних режимах роботи // Технічна електродинаміка. – 2006. – №6. – С. 37–41.
2. Гайденко Ю.А. Чумак В.В., Никитюк О.Л. Розрахунок теплових полів в електричних машинах з незалежною аксіальною системою охолодження // Вісник КДПУ. – 2010. – №4/2010 (63), Ч.1. – С. 64–68.
3. Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П., Токарев Б.Ф. Проектирование электрических машин – 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 2002. – 757с.