

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ В.Ф. Шинкаренко

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

на тему: «Оцінка ефективності роботи синхронного реактивного двигуна при
несиметричному живленні на основі удосконалених математичних моделей»

Виконав:

студент VI курсу, групи ЕМ-61м
Пелипенко Костянтин Олександрович _____

Керівник:

доцент, кандидат технічних наук
Гайденко Ю.А. _____

Рецензент:

доцент, кандидат технічних наук
Теряєв В.І. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з
праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 115 сторінках формату А4 і містить в собі 82 рисунки, 33 таблиць та 30 джерел використаної літератури. Графічна частина містить 6 плакатів формату А1.

Об'єктом дослідження являвся синхронний реактивний двигун.

Метою роботи було дослідження синхронного реактивного двигуна при несиметричній напрузі живлення на основі коло-польової математичної моделі та аналізу моментних і енергетичних характеристик даного двигуна.

В ході роботи було спроектовано статор синхронного реактивного двигуна. На основі двох коло-польових математичних моделей («з» та «без» урахування рівняння руху ротора), які створювалися в програмному середовищі COMSOL Multiphysics було досліджено роботу синхронного реактивного двигуна при симетричній та несиметричній напрузі живлення. Порівнюючи отримані результати було виявлено, що зі збільшенням ступеня несиметрії напруги живлення – погіршуються енергетичні показники двигуна, а також збільшуються пульсації електромагнітного моменту.

СИНХРОННИЙ РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, МЕТОД ПОКРОКОВОГО ІНТЕГРУВАННЯ, КОЛО-ПОЛЬОВА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, РІВНЯННЯ РУХУ РОТОРА, ПУЛЬСАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО МОМЕНТУ, ПУСКОВІ СТРУМИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	
Вступ	5
1. Синхронний реактивний двигун. Проблематика експлуатації, проектування та аналізу	
1.1. Синхронні реактивні двигуни	
1.2. Принцип дії СРД	
1.3. Аналіз роторів СРД	
1.4. Вплив несиметричного живлення на роботу трифазного двигуна	
1.5. Висновок до розділу 1	
2. Коло-польова математична модель синхронного реактивного двигуна	
2.1. Рівняння електромагнітного поля та методи його розрахунку	
2.2. Коло-польові моделі для дослідження динамічних режимів	
2.3. Коло-польова математична модель СРД з урахуванням рівняння руху	
2.4. Висновок до розділу 2	
3. Динамічні характеристики синхронного реактивного двигуна при симетричному живленні	
3.1. Обробка результатів дослідження	
3.2. Порівняння СРД «з» та «без» врахування рівняння руху по енергетичним показникам	
3.3. Порівняння кривих електромагнітного моменту СРД «з» та «без» врахування рівняння руху ротора	
3.4. Аналіз пускових струмів СРД	
3.5. Висновки до розділу 3	
4. Енергетичні та моментні характеристики синхронного реактивного двигуна при несиметричному живленні	
4.1. Амплітудна несиметрія напруги живлення СРД	

4.2. Фазна несиметрія напруги живлення СРД	
4.3. Аналіз розрахунку картин поля досліджуваного СРД при несиметрії напруги живлення	
4.4. Висновок до розділу 4.....	
5. Розроблення стартап-проекту	
5.1. Опис ідеї стартап-проекту.....	
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту	
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	
5.6. Висновок до розділу 5.....	
Висновки	
Список використаної літератури	
Додатки.....	

ВСТУП

Актуальність теми. В теперішній час на фоні загальної тенденції до економії енергоресурсів постала важлива проблема покращення енергоефективності двигунів. Енергоспоживання і шкідливий вплив на навколишнє середовище можуть бути значно знижені за допомогою використання двигунів з високим класом енергоефективності **[Ошибка! Источник ссылки не найден.,Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. У зв'язку з великою кількістю даного типу обладнання, збільшення ККД всіх двигунів навіть на 1% в масштабах цілої країни призведе до значної економії енергоспоживання.

На сьогоднішній день асинхронні двигуни є найбільш поширеним типом двигунів. Однак АД вже досягли межі свого конструктивного і технологічного удосконалення. Тобто, подальше покращення ККД цих двигунів можливе лише екстенсивними методами: використання більшої кількості міді і сталі. Основним недоліком таких рішень є збільшення розмірів двигуна і його вартість **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Одним із альтернативних шляхів для отримання електродвигунів високого класу енергоефективності, який не потребує значного ускладнення технології виробництва, надмірного збільшення розмірів і маси є використання синхронного реактивного двигуна. Саме цей тип двигунів відноситься до максимально високого класу енергоефективності (стандарт ІЕС 60034-30-1) **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Відомо, що навантаження в трифазній електричній мережі на промислових виробництвах може бути несиметричним, оскільки в них часто застосовують станки, зварювальні апарати та компресори з однофазним живленням. Наявність однофазного навантаження не завжди можна компенсувати, тому що графік роботи верстатів заздалегідь невідомий, а кількість переносного обладнання, зазвичай з однофазним живленням – зростає. Це призводить до того, що несиметрія напруги живлення стає постійним діючим фактором **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

В даній роботі досліджувались моментні та енергетичні характеристики синхронного реактивного двигуна при несиметрії напруги живлення, а саме при фазній та амплітудній несиметрії. Ступінь несиметрії визначався за допомогою коефіцієнта несиметрії напруги живлення по зворотній послідовності.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження синхронного реактивного двигуна при несиметричній напрузі живлення на основі коло-польової математичної моделі та аналізу моментних і енергетичних характеристик даного двигуна.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- огляд технічної літератури по даній темі;
- створення коло-польової математичної моделі для розрахунку характеристик СРД;
- чисельне моделювання характеристик СРД та спектральний аналіз моментних характеристик.

Об'єкт дослідження – трифазний синхронний реактивний двигун.

Предмет дослідження – моментні та енергетичні характеристики трифазного синхронного реактивного двигуна.

Методи дослідження. В даній роботі застосовувалися методи теорії електромагнітного поля, зокрема, метод скінченних елементів (МСЕ) та чисельні методи розрахунку систем диференціальних рівнянь.

Наукова новизна одержаних результатів. Розробка і реалізація коло-польової математичної моделі синхронного реактивного двигуна, яка дозволяє оцінювати роботу даного двигуна при несиметричному живленні.

Практичне застосування одержаних результатів. Розробка рекомендацій щодо використання синхронного реактивного двигуна в умовах несиметричного живлення.

Публікації.

Гайденко Ю. А. Синхронний реактивний двигун для використання в системах вентиляції / Ю. А. Гайденко, К. О. Пелипенко. // Політехніка. – 2017.