

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** З кожним роком все більше уваги приділяється підвищенню коефіцієнту корисної дії у системах електроприводу з асинхронним електродвигуном. Це обумовлено тим, що на даний час більше 50% усієї вироблюваної електроенергії споживається саме цим видом машин. До сучасних електроприводів на основі асинхронних двигунів відносяться електроприводи різноманітних верстатів, млини, прокатні стани, металургійне устаткування, насосні та компресорні установки, електроприводи роботів-маніпуляторів, автоматичних ліній, конвеєри, електромобілі, підйомно-транспортне обладнання та багато іншого.

У зв'язку з все більшим зростанням цін на електроенергію та електрообладнання, а також впровадженням нового устаткування у виробництво і необхідністю модернізації старого обладнання, виникає задача зниження втрат електроенергії, розв'язання якої дозволить збільшити коефіцієнт корисної дії електропривода.

На сьогодні зменшення втрат енергії у електроприводі за рахунок покращення конструкції електродвигуна на основі зміни розмірів машини, використання нових підходів до технологічного процесу конструювання, використання більш якісного випалу та фарбування електричної обмотки, покращення системи охолодження досягло свого апогею. Якісне конструювання електричної машини дозволяє ще на стадії виготовлення виконати електродвигун з високим коефіцієнтом корисної дії при роботі у номінальному режимі.

Особливу увагу останні десятиліття приділяють синтезу систем управління, покращення яких і сьогодні залишається актуальною задачею, яка потребує наукового та експериментально-прикладних підходів. За рахунок керування можна не тільки вирішити існуючі проблеми енергозбереження, але і збільшити термін служби електродвигуна.

Найбільш цікавими для дослідження з точки зору забезпечення енергоефективності є асинхронний двигун з векторним способом керування. Перевагою векторного керування є те, що рівняння моменту і потокозчеплення є розв'язані.

Типові системи векторного керування можна вдосконалити за рахунок застосування стратегій оптимального керування, спрямованих на підвищення ККД.

Однією з провідних фірм з проектування систем електроприводу та автоматизації є фірма Siemens. Яка вже більше століття вивчає проблему енергозбереження. Тому дослідження можливостей електроприводу представлених на ринку України, сьогодні є актуальною і прикладною задачею.

**Метою роботи** є підвищення коефіцієнта корисної дії в усталених режимах роботи векторно–керованих систем асинхронного електроприводу.

**Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:**

1. Проаналізувати види втрат енергії в асинхронних електроприводах та методи підвищення їх енергоефективності.
2. Розробити моделі асинхронного електроприводу з врахуванням не лінійності кривої намагнічування та втрат в сталі.
3. Модернізувати типові системи асинхронного електроприводу за допомогою використання оптимальних стратегій керування.
4. Виконати порівняння стандартної системи векторного керування асинхронного двигуна і системам векторного керування з мінімізацією втрат методом математичного моделювання.
5. Виконати аналіз роботи запропонованих систем векторного керування з урахуванням кривої намагнічування.
6. Зробити висновки та дати рекомендації щодо застосування розглянутих методів керування для реальних систем.

7. Проаналізувати стан застосування енергозберігаючих технологій в системах електроприводу фірми Siemens Україна.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Кваліфікаційну роботу магістра професійного спрямування виконано на кафедрі «Автоматизації електромеханічних систем та електроприводу» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» згідно з планом підготовки магістра професійного спрямування.

**Об'єктом досліджень** є процес зміни потокозчеплення асинхронного двигуна в залежності від зміни моменту статичного навантаження.

**Предметом дослідження** є системи векторного керування для асинхронного електродвигуна з мінімізацією втрат в міді і сталі.

**Методи досліджень.** В роботі застосовано методи сучасної і класичної теорії автоматичного керування, теорія оптимального керування, методи диференціального та інтегрального числення та математичного моделювання.

**Наукова новизна** полягає у новій структурній реалізації системи векторного керування АД з застосуванням стратегій «максимальний момент на ампер» та «мінімізація втрат в міді» яка відрізняється від загально прийнятих систем наявністю контуру потокозчеплення ротора, завдання на яке формується у функції електромагнітного моменту двигуна за лінійним законом. Темп зміни потокозчеплення обрано з умов мінімізації втрат на перемагнічування. Запропонована система відрізняється високою якістю перехідних процесів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у розробці рекомендацій щодо підвищення коефіцієнту корисної дії електроприводу на базі асинхронного двигуна, та розглянення різних варіантів їх структурної реалізації.

**Апробація результатів.** Основні результати роботи доповідалися і обговорювалися:

- на науково–технічній конференції молодих учених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенергетики та автоматики» (2 доповіді) – м. Київ, КПІ.
- на конференції за результатами Всеукраїнського науково–дослідницьких робіт студентів (2 доповіді) м. Кам’янське, ДНТУЗ.

**Публікації.** Результати розробки магістерської дисертації викладено у одній з п’яти наукових публікацій:

1. Калугін Д. В. Автоматизовані системи управління технологічними процесами основані на функціональних можливостях програмованих логічних інтегральних схем. / IV всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів «енергетична безпека та енергоефективність на транспорті», 2016.– Стр. 8–9.

2. Толочко О.І., Калугін Д.В. Огляд сучасних методів мінімізації електричних втрат в асинхронному двигуні // Міжнародний науково–технічний журнал молодих учених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2017. Стр. 456–460.

3. Король С.В., Калугін Д.В. комп’ютерний практикум по налаштуванню object process control сервера для взаємодії з середовищем Unity Pro // Міжнародний науково–технічний журнал молодих учених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2017. Стр. 509-514.

4. O. Tolochko, V. Bovkunovych, D. Kalugin. Structural Realization of the Maximum Torque per Ampere Strategy for the vector speed control system of induction motors // Наукові праці Донецького Національного Технічного Університету «Електротехніка і енергетика», 2017. Стр. 23-29.

5. Толочко О.І., Калугін Д.В. Енергоефективне Керування Асинхронним Електродвигуном з Урахуванням Втрат в Сталі // Міжнародний науково–технічний журнал молодих учених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2018.– 6 с.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку літератури із 55 літературних джерел, а також 11 додатків. Повний обсяг роботи складає – 153 сторінок, у тому числі основного тексту 128 сторінок. У роботі наведено 74 рисунків, 21 таблиць.