

## ВСТУП

Щорічно стає все більш очевидним, що необхідність захисту навколишнього середовища все більше впливає на розвиток автомобільної, сільськогосподарської та машинобудівної промисловостей. Світовий парк автомобілів та сільськогосподарських машин щорічно збільшується на 5-8%. У цих умовах дедалі актуальнішою стає проблема усунення шкоди сучасного транспорту з двигунами внутрішнього згорання, а саме забруднення атмосфери вихлопними газами. Зростання рівня забруднення повітря у великих містах підняло питання про розробку комплексу заходів щодо зменшення вмісту токсичних речовин в атмосфері.

Завдяки цьому, питання розвитку електричних транспортних засобів сьогодні дуже актуальне. Вони мають більш просту конструкцію, що означає, що вони мають більшу надійність і тому їх легше підтримувати. Важливою проблемою у розвитку електричного транспорту є питання про акумулятор, який коштує дорого, і має досить малий ресурс.

Як правило, тягові асинхронні двигуни з короткозамкненими роторами використовуються як привідні двигуни. Вони мають високу надійність, низьку вартість і легкість обслуговування. За допомогою силової електроніки створюються спеціальні перетворювачі, здатні реалізувати дуже складні алгоритми керування цим двигуном. Саме від алгоритму керування залежить енергетична ефективність двигуна.

**Актуальність теми.** Результати аналітичного огляду літературних джерел засвідчують, що на сьогодні залишається мало вивченою тема впливу на мінімізацію втрат варіацій параметрів двигуна, що характерно для тягових двигунів через широкий температурний діапазон їх роботи. Також недостатньо дослідженим є питання побудови оптимізаторів втрат потужності в АД з низькою параметричною чутливістю. Таким чином, зазначені питання є актуальними та важливими.

**Мета роботи.** Синтез, аналіз та дослідження системи енергоощадного векторного керування тяговим АД електротрактора з параметрично робастною мінімізацією втрат потужності за рахунок застосування комбінованого оптимізатора з каналами нейромережного формування оптимальних потокозчеплення ротора та *cos $\phi$* .

Для досягнення поставленої мети в межах даної дисертації необхідно вирішити наступні завдання:

1. Аналітичний огляд літератури щодо тягових електромеханічних систем тракторів та методів оптимізації втрат у них.
2. Побудова математичної моделі асинхронного електропривода (АЕП) та математичний опис сумарних втрат потужності у двигуні.
3. Вибір прототипу електротрактора та розрахунок потужності тягового АД.
4. Синтез регуляторів системи векторного керування, контуру керування *cos $\phi$*  та проектування нейронних мереж для двох каналів оптимізатора втрат потужності.
5. Дослідження впливу варіацій резистивних параметрів двигуна на статичні та динамічні показники якості керування САК АД.
6. Розробка в програмному середовищі Matlab/Simulink моделі енергоощадної САК АД та дослідження статичних, динамічних і енергетичних характеристик електротрактора на тестових циклах руху.

**Об'єктом дослідження** магістерської дисертації є процеси енергоощадного векторного керування з нейромережною оптимізацією втрат потужності у тяговому АД електротрактора за наявності варіацій резистивних та магнітних параметрів двигуна.

**Предметом дослідження** є інтелектуальна система енергоощадного векторного керування АЕП трактора з комбінованим нейромережним оптимізатором втрат потужності.

**Методи досліджень.** У роботі використані методи теорії автоматичного керування, електричних машин та електроприводу, теорії штучного інтелекту, теорії оптимального керування та математичного моделювання.

**Наукова новизна.**

1. Набула подальшого розвитку теорія енергоефективного керування електродвигунами змінного струму внаслідок застосування комбінованого нейромережного оптимізатора втрат потужності в АД з двоканальною структурою.
2. Встановлено, що комбінований нейромережний оптимізатор втрат потужності з двоканальною структурою має низьку чутливість до варіацій резистивних та магнітних параметрів двигуна, причому ступінь робастності при зменшенні швидкості зростає.
3. Отримано нові результати досліджень процесів керування з параметрично робастною нейромережною оптимізацією втрат в АД електротрактора за наявності істотних варіацій резистивних та магнітних параметрів двигуна.

**Практична цінність матеріалів роботи.**

1. Внаслідок використання робастного нейромережного оптимізатора втрат потужності в АД при відпрацюванні тестової діаграми швидкості на близьких до номінального навантаженнях за додатних та від'ємних варіацій резистивних параметрів двигуна з відхиленнями опору ротора на 20% і опору статора на 16% отримується економія спожитої електротрактором енергії на 3.5% та 2.5% відповідно.
2. Алгоритми і програми з магістерської дисертації перспективні для впровадження в енергоощадні САК АЕП машин та механізмів.
3. Побудовані в дисертації моделі можуть бути корисними для застосування у навчальному процесі кафедри АЕМС-ЕП.

**Особистий внесок здобувача.** Всі результати, що висвітлені у роботі, отримані у співавторстві з науковим керівником.

**Основні результати дослідження.** Система енергоощадного керування АЕП електротрактора сконструйована на базі класичної системи прямого векторного керування АД, яка доповнена підсистемою комбінованої нейромережної оптимізації втрат потужності. Отримані математичний опис об'єкта керування та модель сумарних втрат потужності двигуна. Синтезовано дві нейронні мережі для параметрично робастного оптимізатора втрат в АД. Проведено синтез регуляторів струму статора, потокозчеплення ротора та швидкості АД, а також контуру керування *cos $\phi$* . Побудовано математичну модель інтелектуальної системи енергоощадного керування АД електротрактора у середовищі Matlab/Simulink. Проведено дослідження впливу варіацій резистивних параметрів двигуна на статичні, динамічні та енергетичні характеристики САК АД.

**Апробація результатів.** Результати досліджень доповідались на XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики” (грудень 2017 р., Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 2 статті [53,54].