

## ВСТУП

Усталена тенденція до підвищення цін на енергоносії у всьому світі та загальна енергетична криза зумовлюють зростання науково-технічного та практичного значення проблеми енергозбереження. Добре відомо, що найбільшим споживачем електроенергії є електроприводи змінного струму і, в першу чергу, з асинхронними двигунами (АД). При побудові енергозберігаючих систем автоматизованого асинхронного електропривода (АЕП) з високими техніко-економічними та енергетичними показниками, важливим моментом є вибір критерію мінімізації втрат та ефективних шляхів і засобів її практичного втілення. Оптимізація втрат потужності за допомогою керування особливо бажана для механізмів, які працюють у довготривалих режимах, де забезпечення високих енергетичних показників набуває першочергового значення.

Електротранспорт в останні роки набуває значного поширення, а основною його проблемою являється запас енергії. З цим можливо боротися двома способами: збільшення запасу батареї та зменшення споживання електроенергії. Тому оптимізація втрат за рахунок енергоефективного керування на основі нейронної мережі може стати значним покращенням для показників ефективності електромобіля та його розвитку в майбутньому.

**Актуальність теми.** Проведений аналітичний огляд як вітчизняної так і зарубіжної літератури дозволяє стверджувати, що на сьогоднішній день ще не знайшла задовільного вирішення проблема забезпечення високої точності оптимізації втрат в АЕП. Також не досліджена проблема реалізації енергоощадного керування АЕП за допомогою нейронних мереж у зонах швидкостей як нижчих, та і вищих від номінальної, робота у яких характерна для електротранспорту. Отже перелічені проблемні питання належать до важливих та актуальних.

**Мета роботи.** Побудова, аналіз та дослідження високоякісної інтелектуальної системи економічного векторного керування тяговим АЕП

електротранспорту за рахунок використання нейромережного оптимізатора втрат в обох зонах швидкості двигуна та розширення діапазону змін оптимізувального параметру.

Досягнення мети ґрунтується на вирішенні наступних завдань.

1. Здійснення аналітичного огляду систем керування тяговими двигунами сучасних електротранспортних засобів.
2. Отримання математичного опису АЕП та моделі втрат потужності з врахуванням магнітних втрат у залізі двигуна.
3. Проектування нейронної мережі для оптимізації втрат потужності в АД у двох зонах регулювання швидкості двигуна.
4. Удосконалення оптимізатора втрат потужності в АД для збільшення економії енергії в режимах розгону та гальмування двигуна.
5. Побудова моделі САК АД з нейромережною оптимізацією втрат потужності та дослідження її властивостей в умовах роботи тягового приводу електротранспортного засобу.

**Об'єктом дослідження** магістерської дисертації є процеси інтелектуального керування та оптимізації втрат потужності в тягових АЕП з роботою на нижчих та на вищих від номінальної швидкостях двигуна.

**Предметом дослідження** є система векторного керування асинхронним приводом електротранспорту з нейромережною оптимізацією втрат потужності в обох зонах регулювання швидкості двигуна.

**Методи досліджень.** У даній роботі використані методи з теорії електричних машин та ЕП, ТАК, теорії НМ, теорії оптимізації, математичного, а також імітаційного моделювання.

**Наукова новизна** магістерської роботи полягає у тому, що:

1. отримала подальший розвиток теорія систем оптимального керування електромеханічними об'єктами змінного струму за рахунок застосування нейромережного мінімізатора втрат потужності в АД у двох зонах регулювання швидкостей ротора;

2. запропонована нова модифікація оптимізатора втрат в АД шляхом розширення діапазону змін оптимізувального параметру вгору від номінального значення, що дозволило істотно зменшити втрати в режимах розгону та гальмування двигуна
3. отримано оригінальні результати досліджень процесів керування та нейромережної оптимізації втрат в тяговому АД при русі електромобіля за діаграмою міського та міжміського циклів.

**Практична цінність матеріалів роботи** полягає у тому, що:

1. завдяки запропонованому інтелектуальному економічному керуванню тяговим АД при русі завантаженого електромобіля по місту досягається економія заряду акумуляторної батареї біля 9%, при русі за межами міста – біля 3%, а при русі розвантаженого електромобіля по місту – біля 20%;
2. розроблені при написанні магістерської дисертації алгоритми та програми можуть знайти застосування у науково-дослідних роботах щодо побудови економічних тягових АЕП електротранспорту;
3. отримані при виконанні магістерської дисертації моделі можуть бути корисними для навчального процесу кафедри АЕМС-ЕП.

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

**Основні результати дослідження.** Система інтелектуального економічного керування асинхронним приводом електромобіля була побудована на основі класичної системи прямого векторного керування АД, доповненої нейромережним оптимізатором втрат потужності. Отримано математичний опис АЕП та модель втрат потужності із врахуванням магнітних втрат у залізі двигуна. Спроектовано нейронну мережу для оптимізації втрат потужності в АД у двох зонах регулювання швидкості двигуна. Здійснено синтез цифрових регуляторів струму статора, потокозчеплення ротора та моменту АД. Модифіковано оптимізатор втрат в АД шляхом розширення діапазону змін оптимізувального параметру вгору

від номінального рівня, що дозволило збільшити ефект від економічного керування у першій зоні швидкостей АД. Побудовано комплексну математичну модель системи інтелектуального економічного керування АД електромобіля у середовищі Matlab/Simulink. Виконано порівняльні дослідження традиційного та інтелектуального економічного керування АД при русі електромобіля в межах та за межами міста, які засвідчили можливість отримання істотного ефекту від впровадження запропонованих в дисертації рішень.

**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.** 1. Долганов О.О., Лозада Ф., Приймак Б.І. Енергетичні характеристики тягового асинхронного привода електромобіля з керуванням за критерієм мінімуму втрат потужності // Збірник доп. XI міжнар. н.-т. конф. молодих уч., асп. і студ. “Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики”. – Київ: “Політехніка”, – 2017. – 6 с.[ 101],

2. Приймак Б.І., Красношарпа Н.Д., Лозада Ф., Долганов О.О. Динамічні властивості системи бездавачевого векторного керування асинхронним приводом електромобіля // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2018. – Вип. 49. – 51-60с. [102].

