

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Стрембіцького Михайла Олексійовича

“Нейромережеві технології підвищення точності вимірювання та керування
в системах наведення антен”,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю **05.13.05** – комп’ютерні системи та компоненти

1. Актуальність теми дисертації.

Важливу роль в процесі керування наведенням антени надається побудові та налаштуванню регулятора антенної системи. Зокрема актуальним є завдання забезпечення супроводу антеною супутників дистанційного зондування Землі, тривалість перебування яких в зоні видимості досить обмежена – всього лиш декілька хвилин. Використання нейромережевих технологій здатне забезпечити оптимізування цієї процедури, проте вимагає попередньо вибрати відповідну топологію нейронної мережі, метод навчання, спосіб подання навчальних послідовностей. Залишається відкритим й питання щодо структури нейронної мережі, способу її використання в контурі керування наведенням антени. Розв’язання цих задач покликане підвищити точність вимірювання та надійність керування антеною, зменшити похибку наведення антени, а тому тема дисертації є актуальною.

2. Структура, зміст та основні положення роботи

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатків. Роботу викладено на 127 сторінках, з яких - 106 сторінок основного тексту, а перелік використаних джерел містить 138 посилань.

У вступі висвітлено актуальність проблеми, мету та задачі дослідження, наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність, а також дані щодо апробації результатів роботи.



У першому розділі наведено огляд літератури за темою і обґрунтовано вибір напрямку дослідження. Зроблено висновок, що процес налаштування параметрів класичного ПД-регулятора вимагає знання докладної моделі системи керування антеною, отримання якої не завжди можливе. Інноваційним підходом є створення адаптивних регуляторів на основі нейромережевих технологій. Показано, що від оптимальної реалізації штучних нейронних мереж, значною мірою залежить робота системи загалом.

У другому розділі розглянуто методи синтезування нейромережевого контролера для керування наведенням антени на основі узагальненого інверсного керування, який ґрунтується на попередньо навченій нейронній мережі, що відтворює інверсну динаміку антени і виконує функцію регулятора, та еталонній моделі, що визначає бажану динаміку системи.

Встановлено, що при використанні нейроконтролера, створеного на базі інверсної моделі об'єкта виникають труднощі, пов'язані з низькою ефективністю навчання інверсної моделі в умовах обмеженого керуючого сигналу. Запропоновано використовувати новий спосіб формування бажаного перехідного процесу, а саме: при формуванні навчальних послідовностей для нейронної мережі затримані значення вихідних сигналів еталонної моделі замінено на вектор затриманих значень фактичних вихідних сигналів антени. Запропоновано використання модифікованої структури нейронної мережі Елмана, для якої введено додатковий зворотний зв'язок.

У третьому розділі розв'язується допоміжне завдання, пов'язане з процесом керування наведенням антени. Запропоновано математичну модель системи наведенням антени, проаналізовано чинники, які впливають на процес керування при наведенні антени, та типові збурення, що діють на антену в процесі роботи, оцінено вплив зовнішніх факторів на керованість і параметри математичної моделі системи наведенням антени. Для порівняння промодельовано роботу нейромережевого контролера наведенням антенної

системи на основі рекурентної нейронної мережі Елмана та класичного ПД-регулятора.

У четвертому розділі проаналізовано результати експериментальних досліджень роботи нейромережевого контролера наведенням антени на основі модифікованої нейронної мережі Елмана. Зокрема, відображено порівняння результатів роботи нейронної мережі контролера та класичного пропорційно-інтегрально-диференційного регулятора. Описано спосіб отримання навчальної послідовності для синтезування нейромережевого регулятора керування опорно-поворотним пристроєм антени.

У висновках викладено основні результати дисертаційної роботи.

У додатках подано акти впровадження результатів дисертаційних досліджень, програму синтезування нейромережевого регулятора.

3. Наукова повизна одержаних в дисертації результатів

Результати роботи можна оцінити, як певний внесок в розвиток важливої науково-практичної задачі – створення теоретичних засад побудови контролерів наведенням антен із використанням нейромережевих технологій. Основні наукові результати роботи:

У запропонованому використанні контролера для наведення антени на основі рекурентної нейронної мережі, який через нейромережевий емулятор забезпечує відтворення інверсної динаміки системи наведенням антени, уникаючи необхідності знання точної математичної моделі керованого об'єкту, що дозволяє позбутися громіздких розрахунків на стадії ідентифікації моделі керування.

Вперше для формування бажаного перехідного процесу запропоновано замінити послідовність вихідних сигналів еталонної моделі на послідовність вихідних сигналів об'єкта керування, що дозволило забезпечити бажану збіжність очікуваного та фактичного перехідних процесів.

Удосконалено метод синтезування контролера антенної системи керування на основі рекурентної нейронної мережі Елмана введенням глобальних зворотних

зв'язків, що забезпечило підвищення точності керування наведенням антени при супроводі тестової траєкторії на 3.7 % порівняно з аналітично налаштованим пропорційно-інтегрально-диференціальним регулятором.

Удосконалено метод керування наведенням антенної установки для розподіленої системи, застосування якого підвищило швидкодію роботи антенної системи на 3 % порівняно з налаштованим ПІД-регулятором.

4. Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає у реальному втіленні розробленої модифікованої структури рекурентної нейронної мережі Елмана в антенну систему керування, що дозволило досягти зменшення похибки регулювання при траєкторному супроводженні об'єкта.

5. Ступінь обґрунтованості та вірогідності наукових результатів, висновків та рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій та їх вірогідність підтверджується збіжністю отриманих результатів експериментальних досліджень із попередніми теоретичними розрахунками та припущеннями, коректним використанням положень теорії штучних нейронних мереж.

6. Публікації

Матеріали роботи Стрембіцького М.О. викладені в 15-ти публікаціях, із яких – 4 статті в наукових фахових виданнях України, 1 стаття у закордонному виданні (Przegląd Elektrotechniczny, Польща), що індексується в базі SCOPUS, 8 тез доповідей на науково-технічних конференціях, 1 – авторське свідоцтво на програму, 1 - патент України на корисну модель.

7. Апробація роботи

Основні положення дисертації достатньо апробовані на 8 міжнародних та загальнодержавних науково-технічних конференціях.

8. Відповідність автореферату змісту дисертації

Автореферат адекватно відображає всі основні положення дисертації.

9. Зауваження:

1. Доцільно наголосити на критеріях, згідно яких при формуванні контролера наведенням антени було надано перевагу структурі на основі рекурентної нейронної мережі Елмана порівняно з іншими відомими типами нейронних мереж (наприклад, Джордана, Гемінга, Гопфілда).

2. Використання вибраних структури мережі, функцій активації для проміжного шару нейронної мережі Елмана (стор.45), обсягу навчальної вибірки (стор.47) та кількості епох (стор.93) не підкріплено доказовою базою.

3. Недоведено доцільність вибору структури рівняння 2.3 (стор.34).

4. Доцільно було б детальніше описати параметри та умови проведення експериментальних досліджень при керуванні опорно-поворотним пристроєм дослідної установки, щодо встановлення меж зміни вихідного сигналу керування та вибору критеріїв оцінки якості (стор.99, форм.4.7). Зокрема, який фізичний зміст критерію (4.8)?

5. Доцільно докладніше проаналізувати параметри, за якими здійснюється добирання контролера антенної системи та окреслити критичні характеристики, що впливають на ефективність її роботи.

6. Нечітко сформульована суть запропонованого «способу навчання рекурентної нейронної мережі Елмана» (стор.6).

7. Незрозуміла потреба використання еталонної моделі (рис.2.1, стор.33).

8. Спостерігається дещо неухвалене вичитування роботи, а саме: пропущені літери (стор.86, 94), неправильність написання («нейтронне моделювання» - замість «нейронне...» - стор.31); неокочирні вирази: «час встановлення» - «тривалість» (стор. 17), «біжучого значення» - «поточного», «підключенні» - «під'єднанні», «шляхом навчання» - «навчанням», «в якості керуючого сигналу» - «як керуючий сигнал» (стор. 19), «коректується» - «коригується» (стор. 20, 22), «вклад зміни сигналу» - «внесок» та «здатний працювати» - «спроможний» (стор.21), «по простору» - «за простором», «під час» - «протягом» (стор. 22), «більш детальніше» - «докладніше», «для вирішення задачі синтезування» - «для

синтезування» (стор. 26), «експериментальним шляхом» - «експериментально» (стор. 27, 72), «шляхом введення» - «введенням», «в якості контролера» - «роль контролера виконує», «в якості регулятора» - «як регулятор» (стор. 32), - «не можливо» - тут потрібне написання разом, «по координаті» - «за координатою», - «веде» - «спричиняє, викликає» (стор.36), «величина коефіцієнта» - «значення коефіцієнта» (стор. 68), «час навчання» - «тривалість» (стор.69, 71, 92, 95), «число нейронів» - «кількість нейронів» (стор.75), «величина похибки» - «значення похибки» (стор.78, 99), «процентне відношення якості регулювання», «НМ не буде володіти високою динамікою» - «...НМ не буде достатньо швидкою...» (стор.92), «шляхом реалізації» (стор.105); «сленги»: «величина горизонту прогнозування», «час горизонту прогнозу» (стор. 30); кальки та русизми: «автопровірочна траєкторія» (стор.92) «шляхом збереження» (стор.37), «шляхом введення» - «введенням», «затримане на величину» - «на певне значення» (стор.44), «шляхом подання» - «поданням та врахуванням» (стор.50), «вектор цілі» - «вектор мети» (стор.76); пропущені коми (стор. 22, 27, 30, 39, 71, 74, 92, 93), відсутнє посилання на походження форм.12 (стор.45).

9. Недостатньо аргументовано використання розподіленої системи для керування наведенням антени. Відсутнє порівняння розподіленої системи з іншими типами антенних систем.

10. В бібліографічному описі зустрічаються огріхи, а саме: пропущено назву чи місце видавництва, номер сторінки (поз. 120, 131, 133, 135, 136) тощо.

10. Висновки:

Дисертаційна робота М.О. Стрембіцького відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. Основні положення дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені в опублікованих працях. Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертації.

За науковим рівнем, обсягом та якістю досліджень дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішено важливу науково-прикладну задачу

підвищення точності керування наведенням антенних систем з використанням нейромережевих технологій для побудови контролерів.

Вважаю, що дисертаційна робота “Нейромережеві технології підвищення точності вимірювання та керування в системах наведення антен” за актуальністю, науковою та практичною цінністю відповідає пп. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, затверджену Постановою №567 КМ України від 24.07.2013 року, а її автор, Стрембіцький Михайло Олексійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 - комп’ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент
завідувач кафедри „Прилади
точної механіки” Національного
університету „Львівська політехніка”,
доктор технічних наук, професор

О.В. Івахів

Підпис проф. Івахіва О.В. засвідчую:

Вчений секретар
НУ «Львівська політехніка»,
доц., к.т.н.



Брилинський Р.Б.