

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем

Паламар М.І., Стрембіцький М.О.

**Навчання рекурентної НМ для прямого
інверсного керування динамічним об'єктом**

Мета роботи: Розроблення та дослідження ідентифікаційної моделі динамічного об'єкта на основі ШНМ для навчання нейроконтролера в системі керування.

Об'єкт дослідження – процес керування нелінійними об'єктами (антенними комплексами) на основі ШНМ.

Предмет дослідження – методи ідентифікації об'єктів керування та синтез навчаючих послідовностей для нейроконтролера керування ним.

Задачі досліджень:

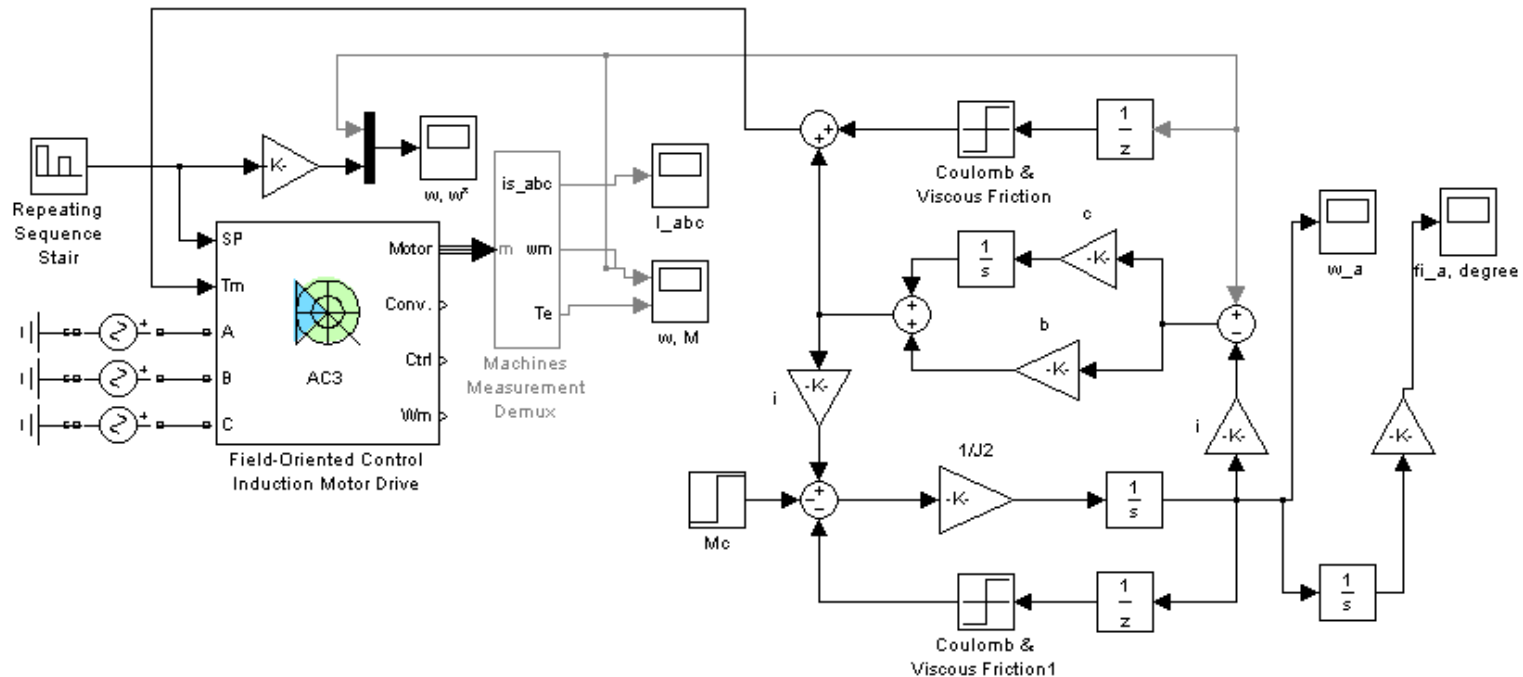
1. Проаналізувати методи навчання нейроконтролерів на основі рекурентних ШНМ
2. Розробити ідентифікаційну модель об'єкту для створення навчаючих даних та навчання нейроконтролера прямого керування динамічним об'єктом.
3. Дослідження моделі методом імітаційного моделювання;

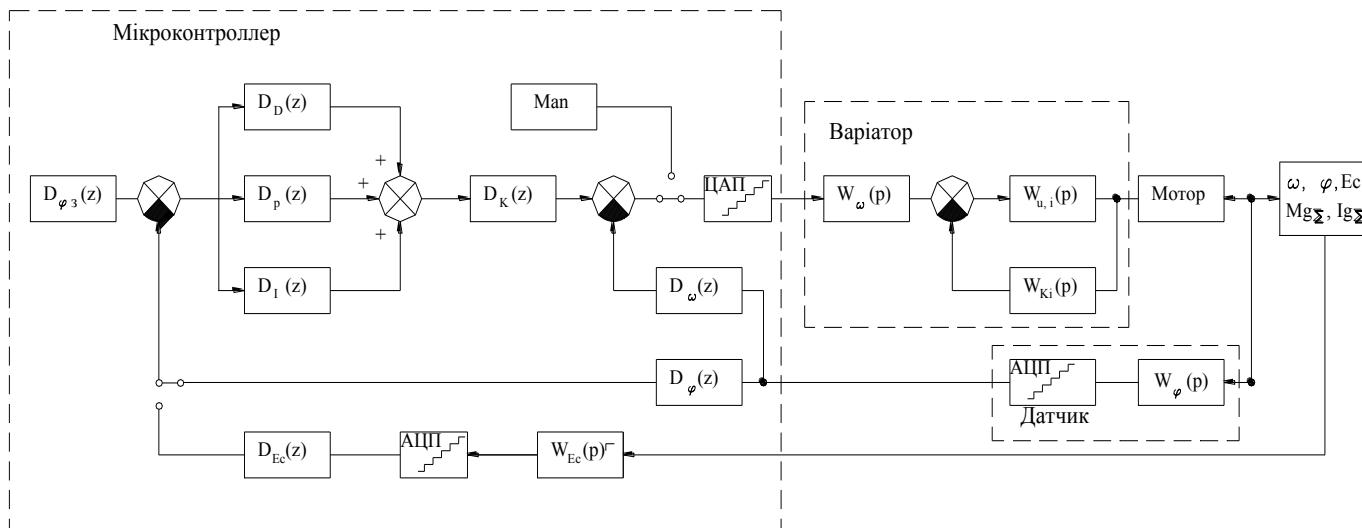
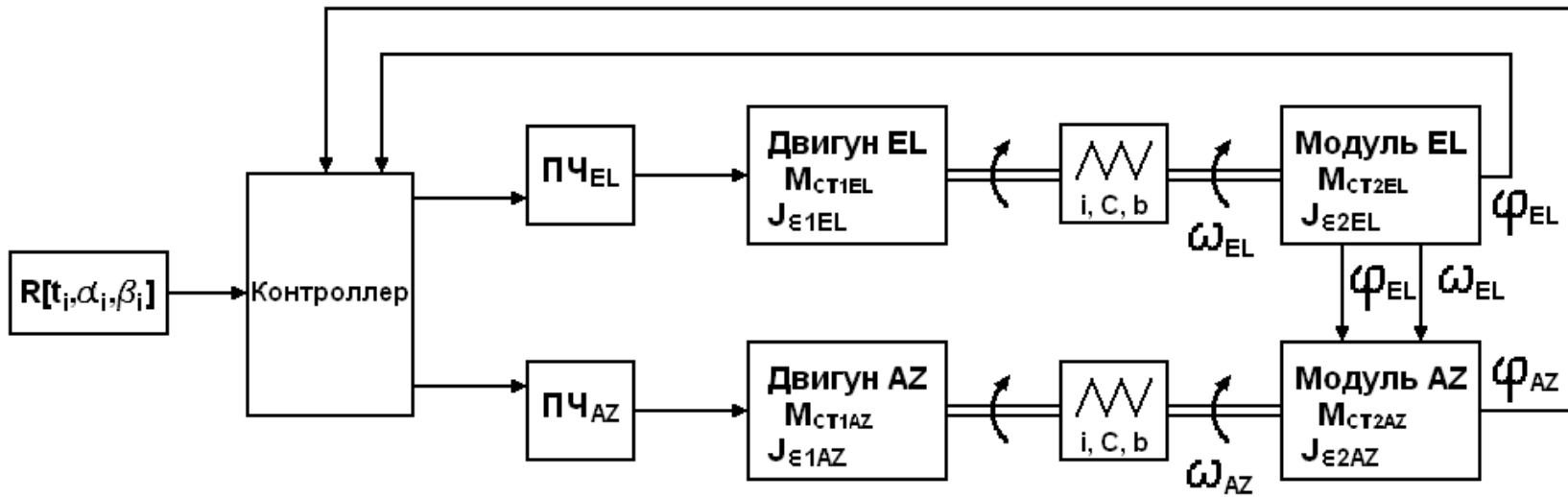
Особливістю антенних систем (АС) як об'єктів керування в системах наведення та супроводу супутників ДЗЗ є нелінійність окремих її ланок, яка викликана технологічною конструкцією опорно-поворотного пристрою (ОПП) та впливом численних збурюючих факторів.



Фактори які впливають на процес керування АС

- зміна моментів інерції модулів від кутів нахилу рефлектора і співвідношення позицій модулів антени для різних осей,
- зміни жорсткості механічних передач,
- зміни тертя опору,
- люфти механічних редукторів,
- нестабільності характеристик електроприводів,
- стохастичні впливи (вітрові навантаження і т.п.).





Створення інверсної моделі АС на основі нейроної мережі

6

В роботі запропоновано інверсну модель АС, для побудови регулятора, за принципом прямого інверсного керування, суть якого зводиться до представлення нелінійної ланки зворотною моделлю, представленою НМ.

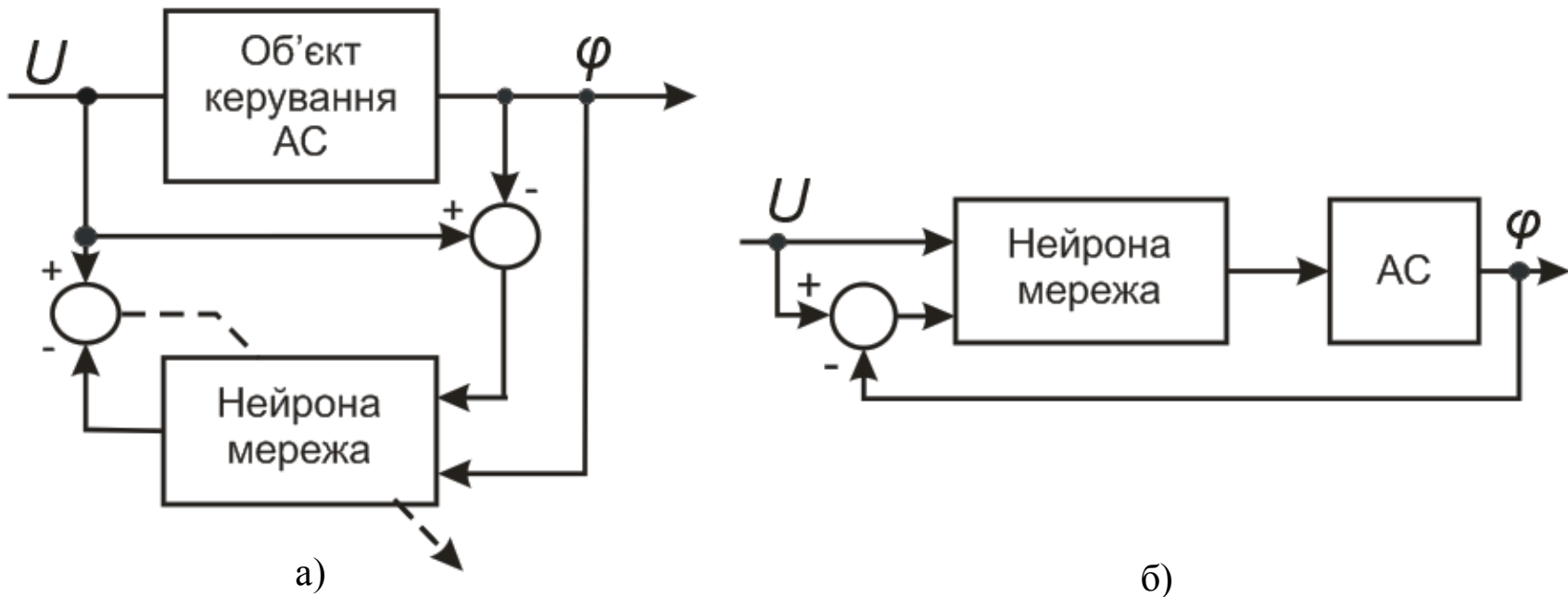


Рис.1 – Принцип побудови прямого інверсного керування із використанням сигналу розузгодження по положенні: а) навчання інверсної моделі, б) використання НМ в якості регулятора

Вектор для навчання складається із трьох вхідних значень: реальне вихідне значення із СК, яке проходить через блок одиничної затримки (швидкість), сигнал затриманий на одиницю і сигнал проведений через лінію диференціатора (значення швидкості на один крок назад). Цільовий вектор - реальний встановлений кут.

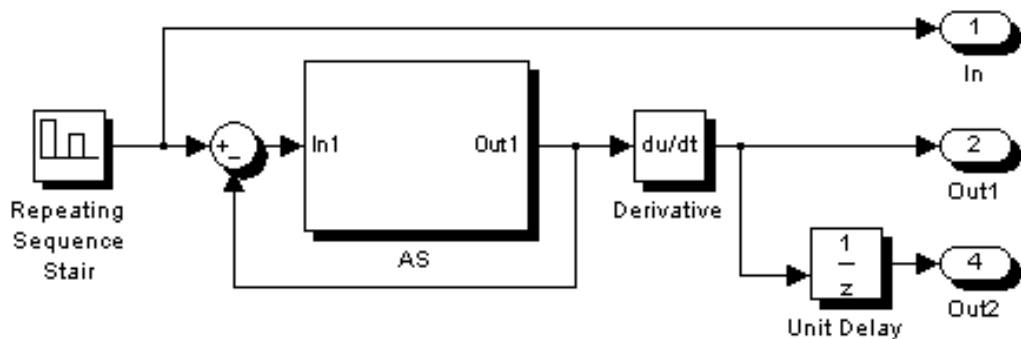


Рис.2– Схема формування навчальної послідовності

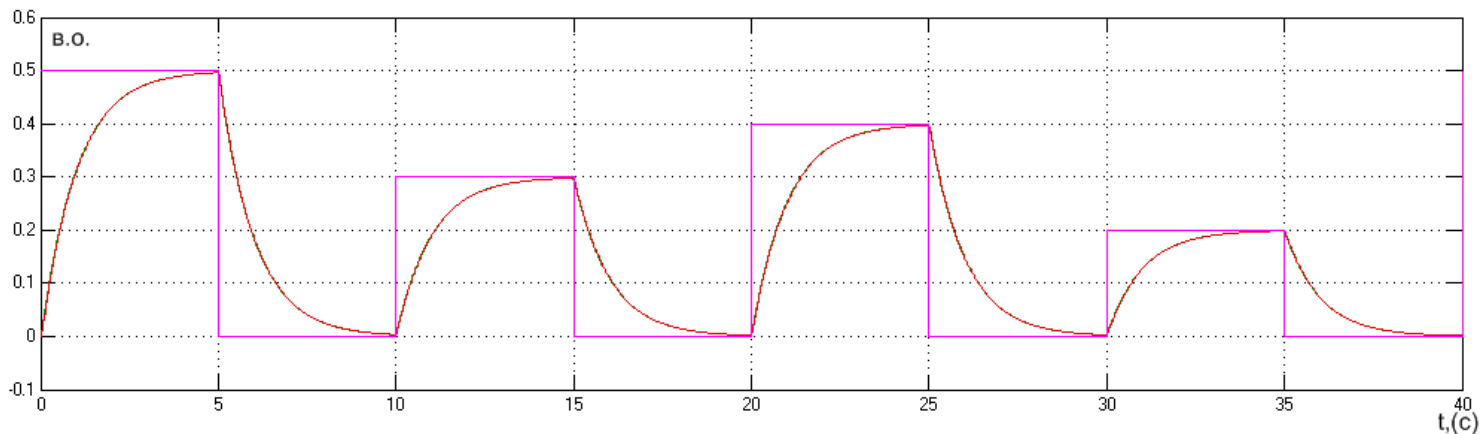
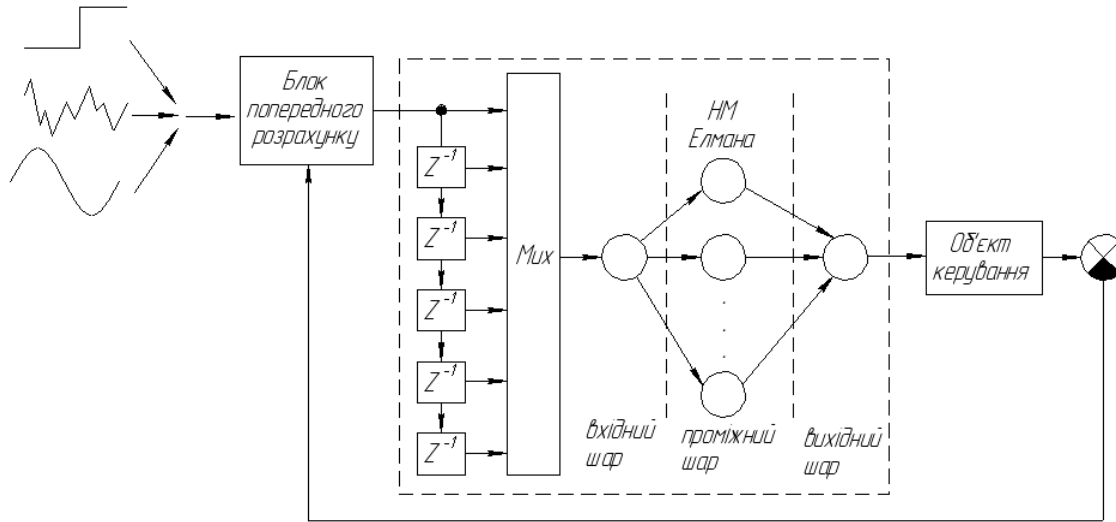


Рис.3 – Навчальна послідовність

ІНВЕРСНА МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТУ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОЇ РЕКУРЕНТНОЇ ШІМ ЕЛМАНА



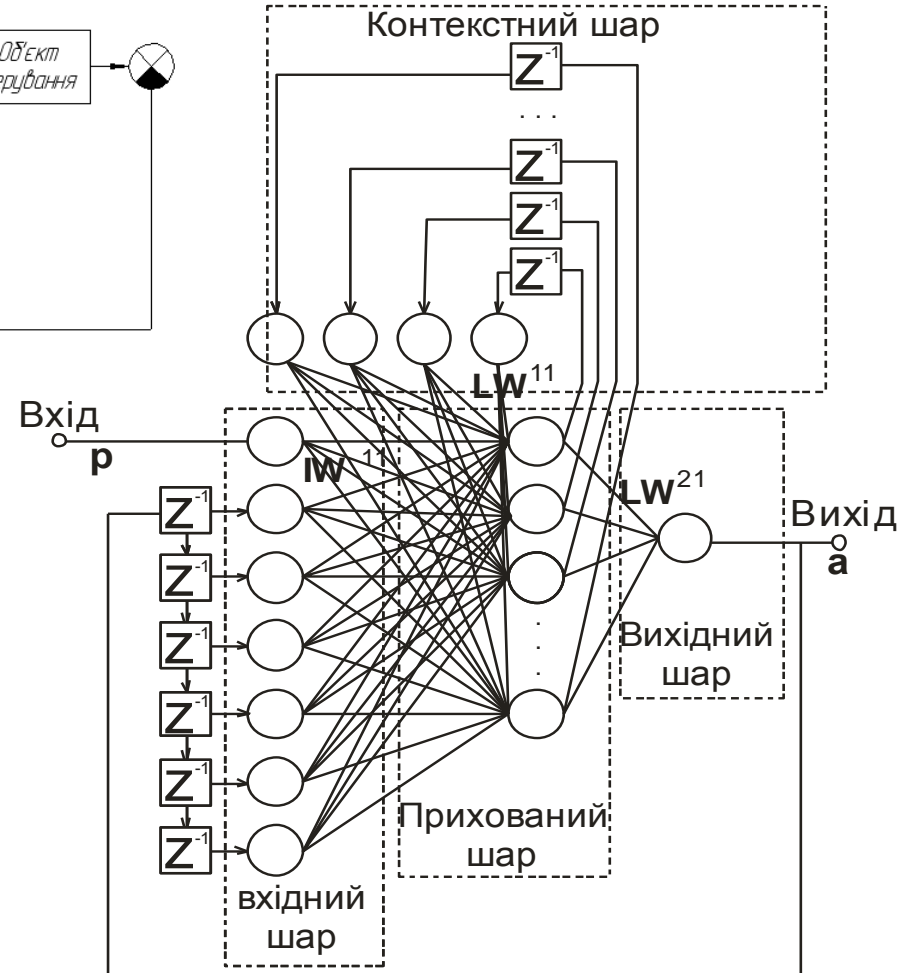
Стан нейронів рекурентного шару

$$\begin{cases} \mathbf{n}^1(k) = \mathbf{LW}^{11} \mathbf{a}^1(k-1) + \mathbf{IW}^{11} \mathbf{p} + \mathbf{b}^1, & \mathbf{a}^1(0) = \mathbf{a}_0^1; \\ \mathbf{a}^1(k) = \text{tansig}(\mathbf{n}^1(k)), \end{cases}$$

де \mathbf{n} – виходи суматорів нейронів відповідного шару;
 \mathbf{a} – виходи нейронів після функції активації у k -й ітерації;
 \mathbf{p} – вектор вхідного сигналу;
 \mathbf{b} – вектор зміщень, що додаються до зважених входів нейронів.
 \mathbf{IW}, \mathbf{LW} – матриці синаптичних ваг, що налаштовуються під час навчання

$$\begin{cases} \mathbf{n}^2(k) = \mathbf{LW}^{21} \mathbf{a}^1(k) + \mathbf{b}^2; \\ \mathbf{a}^2(k) = \text{purelin}(\mathbf{n}^2(k)). \end{cases} \quad \text{Вихідний шар ШІМ}$$

Використання зовнішніх зворотних зв'язків дозволяє зменшити вимоги до кількості нейронів внутрішнього шару ШІМ, детальніше враховувати передісторію процесів поведінки об'єкта і накопичувати інформацію для вироблення ефективніших керуючих дій



Структурна модель ШІМ Елмана із зовнішніми зворотними зв'язками

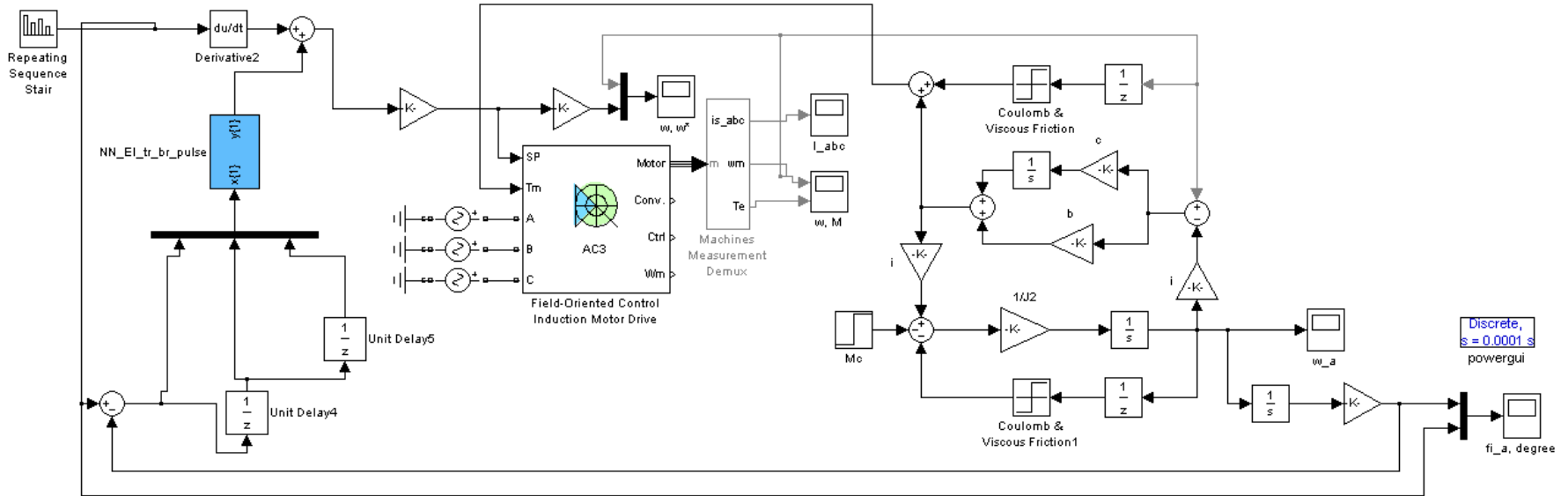


Рис.4 – Simulink-модель системи керування АС із нейромережесвим контролером

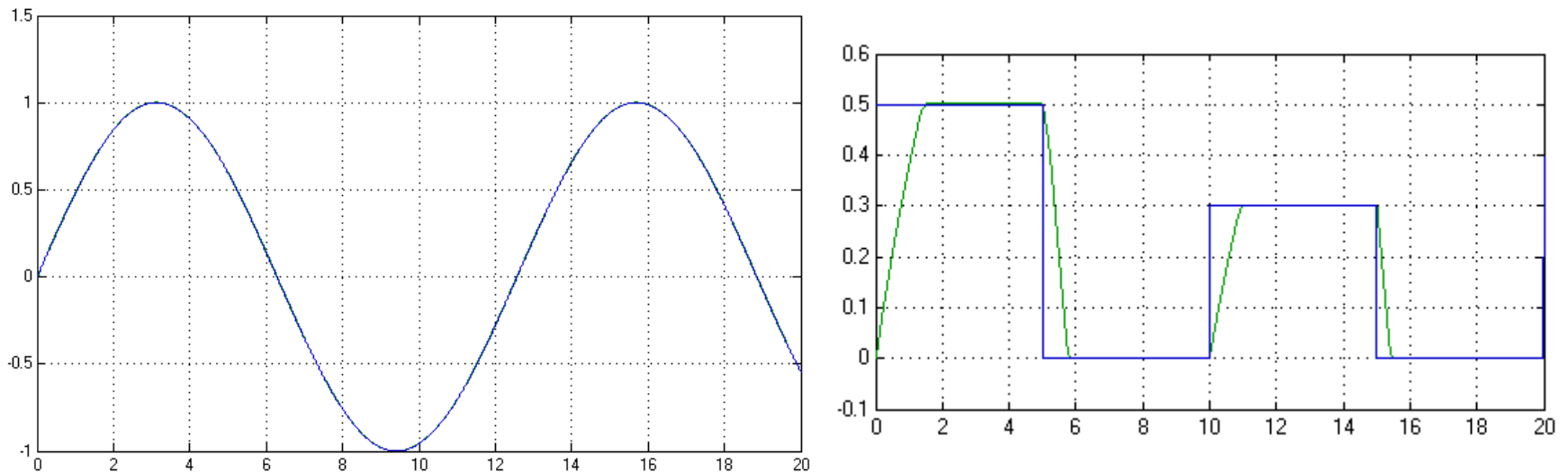


Рис.5 – Результати роботи нейроконтролера

- Інверсна модель складного ОК може бути використана для формування цільового вектора нейроконтролера прямого керування;
- ШНМ можна ефективно навчити на регулювання динамічних об'єктів із змінними параметрами;
- Обґрунтовано вибір топології ШНМ інверсної моделі ОК;
- Показано ефективність використання рекурентних ШНМ, зокрема ШНМ Елмана, з додатковими зворотніми зв'язками, що збільшує навчальну ємність;

Використання ШНМ дозволяє адаптивно налаштовувати параметри СК АС врахувавши особливості механічних конструкцій ОПП АС без детальних громіздких обчислень параметрів приводів, а за попередньо підготовленими навчаючими тестовими траєкторіями руху АС.

Доповідь закінчена

Дякую за увагу