

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНИМИ ДВИГУНАМИ ВЕРТОЛЬОТІВ У ПОЛЬОТНИХ РЕЖИМАХ

Владов С.І., к.т.н., ser26101968@gmail.com;

Плужник З.І., pluzhnik.2001@gmail.com;

Матусєв А.О., anstony98fender@gmail.com

Кременчуцький льотний коледж

*Харківського національного університету внутрішніх справ,
м. Кременчук, Україна*

В умовах інтенсивного переходу від стратегії експлуатації авіаційної техніки «за ресурсом» до експлуатації «за станом» потрібно особливо пильну увагу приділяти своєчасному та достовірному оцінюванню технічного стану (ТС) повітряних суден, у тому числі вертольотів, та їх силових установок, основними елементами яких є газотурбінні двигуни (ГТД).

Системи оцінки ТС ГТД, що експлуатуються на теперішній час, включають автоматизовані бортові системи контролю та обмеження параметрів, що реалізують метод допускового контролю параметрів (тобто видають сигнал про перевищення (зниження) значень деяких параметрів вище (нижче) допустимого рівня або у разі відмов агрегатів), а також наземну апаратуру, що дозволяє проводити аналіз накопиченої інформації, розпізнавати наявність небезпечного тренду параметрів та прогнозування параметрів ГТД [1]. Моніторинг авіаційних ГТД вертольотів з виявленням причин та локалізацією відмов можливий, як правило, лише із залученням досвідченого інженерно-технічного складу, проведенням ретельного аналізу зареєстрованої при роботі ГТД інформації та потребує значних часових ресурсів.

Особливості авіаційних ГТД вертольотів, як складних технічних систем з суттєво нелінійними характеристиками, обумовлені багатопараметричністю, багато пов'язаністю, нелінійністю процесів, що перебігають в них, а також із багаторежимним застосуванням. Тому оцінювання їх ТС у польоті як реального часу із використанням традиційних математичних апаратів (регресійні моделі, динамічні моделі з урахуванням систем диференціальних рівнянь) вимагає значних машинних і часових ресурсів.

Таким чином, існує проблема створення нових інтелектуальних автоматизованих систем оцінки ТС авіаційних ГТД вертольотів, здатних ефективно розпізнавати відмови, що зароджуються, прогнозувати їх розвиток хоча б на час, достатній для безпечного завершення польоту, і спільно з системами автоматичного управління (САУ) мінімізувати їх вплив на працездатність ГТД або своєчасно інформувати екіпаж.

Перелічені задачі можуть бути ефективно вирішені за допомогою нейронних мереж (НМ) – потужного методу імітації процесів та явищ, що до-

звояє відтворювати надзвичайно складні залежності та подолати «прокляття розмірності» при обробці великої кількості змінних. НМ, що складаються з діючих паралельно простих елементів (нейронів), ґрунтуються на простій біологічній моделі нервової системи людини і можуть виконувати функції, які є важкими як для традиційних комп'ютерів, так і для людини. Результати проведених раніше досліджень свідчать про те, що обчислювальні системи, побудовані на нейромережових алгоритмах, значно перевершують існуючі комп'ютери за критерієм «ефективність–вартість» [2].

У даній роботі синтез нейромережової САУ авіаційних двигунів вертольотів проводився за допомогою пакету прикладних програм Neural Network Toolbox системи MATLAB, у якій реалізовано три нейрорегулятори: регулятор прогнозу NN Predictive Controller; регулятор на основі моделі авторегресії зі ковзним середнім NARMA-L2 Controller; регулювальник на основі еталонної моделі Model Reference Controller. На рис. 1 показана структурна схема пропонованої нейромережової САУ двигуна вертольоту Mi-8MTB, розроблена Simulink. Ця структура включає блок керованого

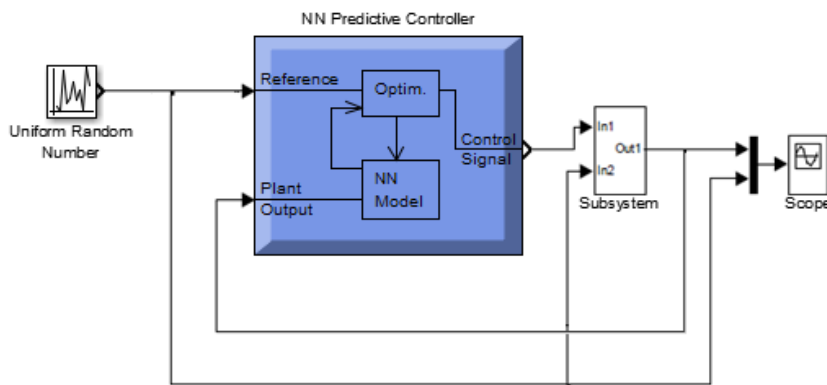


Рисунок 1. Схема нейромережової САУ двигуна вертольоту Mi-8MTB з нейрорегулятором NN Predictive Controller

об'єкта (Subsystem) та блок регулятора NN Predictive Controller, а також блоки генерації еталонного ступінчастого сигналу з випадковою амплітудою Random Reference, блок побудови графіків [3].

Нейрорегулятор навчається на основі нейромодулятора на базі методу зворотного поширення помилки. Для навчання нейромодулятора визначається багатошарова мережа прямого розповсюдження з випадково вибраними вагами та навчальний набір, що складається з пар мережевого входу – бажаного виходу $\{X, D\}$, а також вихідного значення мережі Y .

Програма генерації навчальної послідовності генерує навчальні дані шляхом впливу низки випадкових східчастих сигналів на модель Simulink керованого об'єкта (двигуна). Графіки вхідного і вихідного сигналів об'єкта управління виводиться на екран (рис. 2, а). Після закінчення генерації навчальної послідовності передбачається або прийняти дані, згенеровані, або відмовитися від них.

Відомо, що у процесі навчання нейронної мережі вектори входу є числовими масивами вибірок, що відповідає груповому поданню даних. Динаміка зміни помилки навчання, а також перевірки на контрольному і тексто-

вій множині відображаються у вікні, зображеному на рис. 2, б. Після завершення навчання результати відображаються на графіках, як це показано на рис. 2, в.

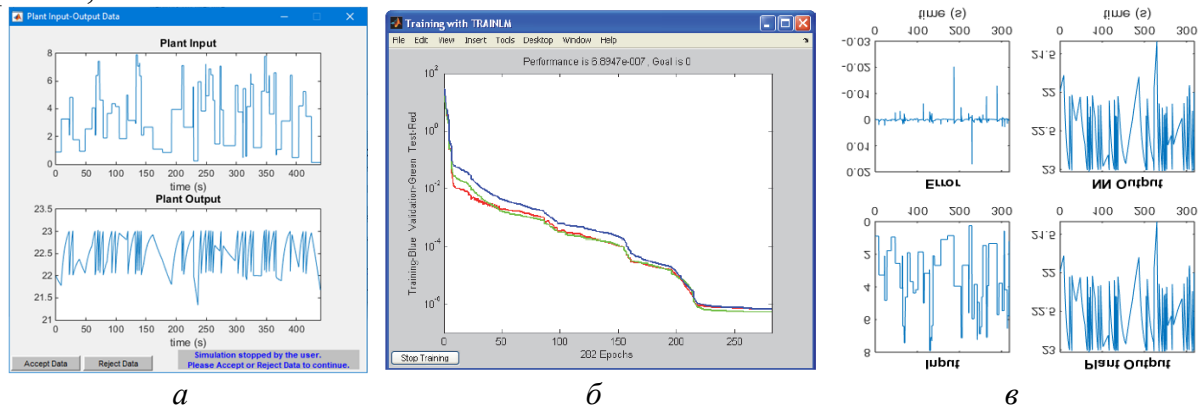


Рисунок 2. Процес навчання нейронної мережі: а – графіки вхідного і вихідного сигналів при генерації навчальної послідовності; б – вікно контролю процесу навчання; в – результати тренування моделі

Результат тренування мережі залежить від початкового значення ваг нейронної мережі w_{ij} і кількості циклів навчання $N_{\text{ц}}$. У даній роботі для кожного варіанту мережі вибиралося кілька десятків початкових точок розрахунку, кількість циклів навчання, по закінченні яких помилка навчання переставала зменшуватися, склало 300...400.

Література

1. Новиков А. С., Пайкин А. Г., Сиротин Н. Н. Контроль и диагностика технического состояния газотурбинных двигателей. Москва, Наука, 2007. 469 с.
2. Баранов С. И., Валеев С. С., Васильев В. И. Нейрокомпьютеры в авиации. Москва, Радиотехника, 1997. 496 с.
3. Синтез нейрорегулятора NN Predictive Controller для управління трьохмасовою електромеханічною системою / Василець Т. Ю., Варфоломійєв О. О., Тютюн Р. В., Алфьоров Ю. О., Власов А. О. *Системи обробки інформації*. 2017. Випуск 3 (149). С. 88–95.

Анотація

У роботі виконано синтез нейрорегулятора NN Prediction Controller для вирішення задачі моніторингу технічного стану авіаційних газотурбінних двигунів гелікоптерів у реальних режимах роботи шляхом розробки моделі нейромережевої системи у програмному пакеті MATLAB Simulink.

Ключові слова: авіаційний двигун, технічний стан, нейрорегулятор.

Аннотация

В работе выполнен синтез нейрорегулятора NN Prediction Controller для решения задачи мониторинга технического состояния авиационных газотурбинных двигателей вертолетов в реальных режимах работы путем разработки модели нейросетевой системы в Simulink программного пакета MATLAB.

Ключевые слова: авиационный двигатель, техническое состояние, нейрорегулятор.

Abstract

In this work, the synthesis of the NN Prediction Controller neuroregulator was performed to solve the problem of monitoring of helicopters aircraft gas turbine engines technical state in real operating modes by developing a model of a neural network system in Simulink of the MATLAB software package.

Keywords: aircraft engine, technical state, neuroregulator.