

## АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЙНИМ ДВИГУНОМ

Товкач С.С.  
Національний авіаційний університет  
(м. Київ, Україна)

Вступ. Авіаційний двигун (АД) важлива ланка будь-якого літального апарату (ЛА), що визначає його льотно-технічні характеристики, безпеку, надійність, економічність та вартість експлуатації. Більш ніж за 60-ти літній період розвитку літаків з реактивними двигунами було створено п'ять поколінь авіаційних двигунів при кардинальному поліпшенні їх показників, а авіація перетворилася в найважливіший фактор розвитку світової транспортної системи та забезпечення обороноздатності країни. Поділення показників авіаційних двигунів було досягнуто завдяки переходу до нових схем, підвищення параметрів циклу і ступеня двоконтурності, впровадження нових конструкційних матеріалів і технологій, вдосконалення систем автоматичного управління силовою установкою (SAU SU) [1].

Сучасні електронні САУ СУ типу FADEC (Full Authority Digital Engine Control) будуються за централізованим принципом, при якому всі задачі обробки сигналів, формування програм і алгоритмів управління, контролю і діагностики здійснюються в центральному обчислювачі САУ газотурбінних двигунів (ГТД). Датчики та виконавчі механізми таких систем мають аналогові входи і виходи і з'єднуються з обчислювачем за допомогою аналогових ліній зв'язку. Для підвищення надійності САУ використовуються двоканальна побудова системи, у деяких випадках використовується гідравлічний резервний регулятор [1].

У зв'язку із збільшенням обсягу виконуваних функцій системою управління, підвищенням вимог до її надійності, експлуатаційної технологічності, виникає необхідність в модернізації методів контролю і управління двигуна і побудовою електронної частини системи за розподіленим принципом. Функції управління, контролю, перетворення сигналів таких САУ розподіляються між контролерами датчиків, виконавчих механізмів, взаємодія між якими може здійснюватися центральним обчислювачем САУ ГТД або іншим функціональним пристроєм САУ.

Разом з тим, прогрес в розвитку мікроелектроніки, в результаті якого підвищується швидкодія, надійність, і термостійкість електронної елементної бази створює передумови до побудови розподілених інтелектуальних систем управління і контролю авіаційних двигунів з використанням бездротових технологій обміну інформацією.

**Розподілені САУ СУ.** Слід зазначити, що активно ведуться роботи зі створення розподілених систем управління в закордонних наукових центрах (Glenn Research Center (NASA), RW, GE, RR, Saessta, BAE Systems, Hamilton Sandstrand, Honeywell) [2]. Основою для побудови таких систем управління СУ можуть бути інтелектуальні датчики (ІД) та інтелектуальні виконавчі механізми (ІВМ) (рис. 1): ІД – інтелектуальні датчики частоти обертання (ІД П<sub>в</sub> і ІД П<sub>к</sub>), температури і тиску на вході в двигун (ІД Т\*<sub>вх</sub> і ІД Р\*<sub>вх</sub>), тиску повітря за компресором (ІД Р\*<sub>к</sub>), температури газів за турбіною (ІД Т\*<sub>т</sub>); ІВМ – інтелектуальні виконавчі механізми управління витратою палива (ІВМ G<sub>т</sub>), направляючими апаратами компресора (ІВМ НА), створками сопла (ІВМ створками РС).

На початковому етапі повинна бути розроблена та досліджена архітектура інформаційно-керуючих комплексів з інтелектуальними вузлами обробки інформаційних потоків (рис. 2), які отримують інформацію аналоговими лініями зв'язку від датчиків і передають аналогові керуючі сигнали на звичайні виконавчі механізми. Інтелектуальні вузли мають процесори і зв'язані з FADEC радіальними або мультиплексними цифровими каналами.

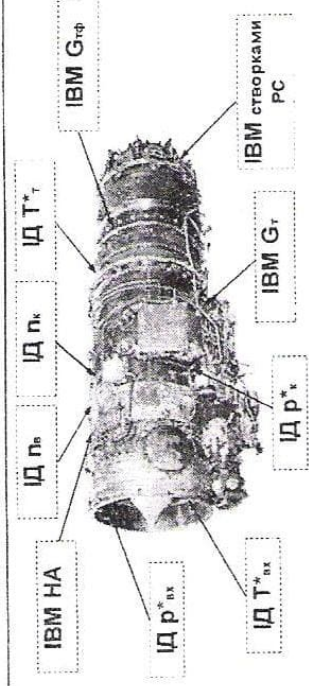


Рисунок 1 – Схема розміщення елементів розподіленої САУ авіаційного двигуна

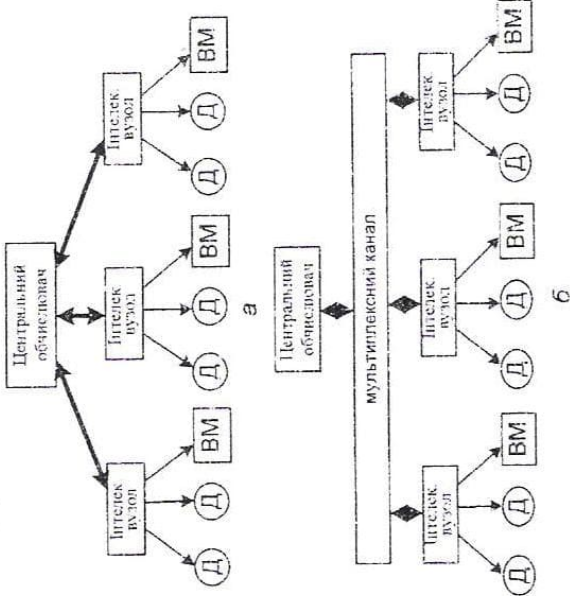


Рисунок 2 – Архітектура інформаційних потоків САУ СУ. а – радіальні цифрові канали. б – мультиплексні цифрові канали

При цьому датчики та виконавчі механізми розміщуються на двигуні, інтелектуальні вузли розташовуються разом з ними і при необхідності примусово охолоджуються або встановлюються в комфортних зонах двигуна; центральний обчислювач розташовується в найбільш комфортних умовах.

Розвитком цієї схеми буде архітектура побудована на основі бездротової технології обміну даними, яка повинна містити інтелектуальні бездротові датчики (рис. 3): центральна точка прийому даних є інтелектуальним вузлом, який виконує збір даних мережі, датчики, в свою чергу, можуть з'єднуватися з іншими чутливими елементами і ретранслювати від них повідомлення.

Перевага такої архітектури відзначається в особливості бездротовим датчиком обходити центральний вузол та передавати інформацію тільки в необхідні вузли. Самостійно визначати та усувати пошкодження, автоматично перенаштовувати проходження потоку інформації.

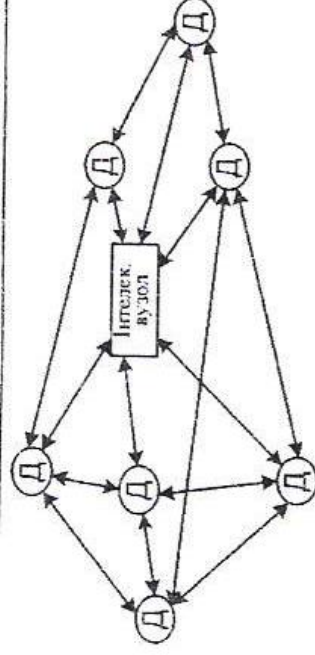


Рисунок 3 – Бездротова архітектура інформаційних погоків САУ СУ

Математична модель бездротового датчика містить модель первинного перетворювача, модель пристрою перетворення та вимірювання сигналу, блок похибок вимірювань, блок обробки інформації, приймача-передавача та описується наступними рівняннями [1, 2]:

– динамічна та статична характеристика:

$$\tau \frac{dX_o}{dt} + X_o = X; \quad U = f(X_o) + \xi, \quad (1)$$

де  $X_o$  – вимірювана величина,  $U$  – виміряна величина;  $\tau$  – постійна часу;  $f(X_o)$  – статична характеристика, яка задається таблично;  $\xi$  – похибка вимірювань.  
– аналого-цифровий перетворювач:

$$U_{adc} = E \frac{U(t)K_y K_n}{U_{adc}^{max} - U_{adc}^{min}}, \quad (2)$$

де  $U_{adc}$  – оцифроване значення виміряного сигналу;  $U_{adc}^{max}$  і  $U_{adc}^{min}$  – діапазон вхідних напруг аналого-цифрового перетворювача (АЦП);  $K_n = 2^n$ ,  $n$  – число значущих розрядів АЦП;  $K_y$  – коефіцієнт підсилення;  $E$  – функція цілочисельного перетворення.

Алгоритм цифрової фільтрації реалізується дискретною передавальною функцією виду  $\left( \frac{a_m z^{-m} + \dots + a_1 z^{-1} + a_0}{b_n z^{-n} + \dots + b_1 z^{-1} + b_0} \right)$ , де  $a_i$  та  $b_i$  – коефіцієнти, вибір яких визначає характеристики цифрового фільтра,  $m$  – порядок фільтра,  $z = e^{sT_0}$ ,  $s$  – оператор Лапласа,  $T_0$  – період дискретизації.

**Висновок.** Застосування розподіленої архітектури інформаційно-керуючих комплексів на основі бездротової технології являється новим напрямком в розвитку САУ СУ:

- побудова розподіленої САУ ГТД дозволить зменшити кількість радіальних ліній зв'язку за рахунок переходу до мультиплексних каналів обміну інформацією; спростить пошук несправностей, локалізацію відмов та переналаштування структури; підвищить живучість САУ через інтеграцію апаратно-програмних засобів повітряного судна і двигуна;
- бездротові технології в САУ ГТД дозволять створити високоєфективні системи нового покоління із гнучкою, легко змінюваною структурою; зменшать масу і розміри за рахунок зменшення кількості роз'ємів та кабелів; підвищать надійність САУ та зменшать затрати на технічне обслуговування та ремонт.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гуревич О.С. Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями / Под ред. О.С. Гуревича. – М.: ТРУС ПРЕСС, 2010. – 264 с.
2. Culley D. Distributed engine control // Workshop at Ohio Aerospace Institute, Cleveland, OH. 2007.