Формування моделі міжелементної взаємодії системи керування авіаційних двигунів

Косенко І. В.
науковий керівник: Товкач С.С.
НН АКІ НАУ
Київ, Україна
ss.tovkach@gmail.com

***Анотація* — робота присвячена розгляду проблеми підвищення точності вимірювань для розробки моделі міжелементної взаємодії систем керування авіаційних двигунів, а також візуалізації даних для дослідження необхідних режимів роботи двигуна, формування інтерфейсу зв'язку з апаратно-програмною частиною інформаційно-вимірювального комплексу. В роботі запропоновано побудову адекватної моделі міжелементної взаємодії як об'єкта керування з прийнятною величиною часу розрахунків керуючих впливів. Також в роботі розглянута блок-схема інформаційної моделі функціонування систем керування газотурбінних двигунів (ГТД)**

Ключові слова — системи автоматичного керування, математичне моделювання, обробка інформації, інформаційна модель.

I. Вступ

Сучасні системи автоматического керування (САК) технічним станом авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД), які відповідають концепції системи FADEC, потребують розвитку та розробки нових технічних рішень задачею, пов'язаних із задоволенням вимог стандартів EUROCAE [1].

Ідея інтелектуального (адаптивного) керування мікромеханічними пристроями в складі САК ГТД набула широкого поширення завдяки гнучкості її структури, легкого переналаштування і т.д. У ряді публікацій [2,3] відзначаються перспективи і потенційно висока ефективність більш широкого застосування методів штучного інтелекту - не тільки для керування даним класом об'єктів з урахуванням фактора невизначеності, але також і для реалізації систем планування і обробки інформації. Для складних динамічних об'єктів широкого поширення набули адаптивні системи керування, побудовані в класі безпошукових самоналагоджувальних систем (БСНС) з еталонною моделлю, регулятор параметричного керування яких реалізований на основі концепції узагальненого налаштовуючого об'єкта (УНО) [4]. Структура контуру нижнього рівня керування в таких системах, що синтезується з умови інваріантності руху регульованих координат від параметричних збурень, має можливість компенсації впливу нестаціонарності об'єкта керування на динаміку замкнутої системи.

II. Постановка проблеми

Для ефективної роботи з компонентами САК ГТД, що мають обсяг всього кілька кубічних міліметрів, і реалізації надійної, якісної обробки інформації потрібне знання не тільки фізики мікрорівня, а й повної динамічної моделі ефектів, які проявляються при контактах об'єктів з компонентами, поверхнями технологічного оснащення і т.д. Для компенсації діючих збурюючи впливів необхідна побудова швидко обчислювальної моделі з подальшою реалізацією на її основі адаптивної системи керування. Однак моделювання мікроконтактної динаміки специфічне як масштабами, так і задачами, виконуваними при мікровзаємодії, що відзначається в [4,5]. Розглянемо один з варіантів побудови швидко обчислювальної моделі простору взаємодії, для її подальшого використання в інтелектуальній системі керування, на прикладі роботи контактних кінцевих пристроїв.

III. Основна частина

Побудова адекватної моделі міжелементної (ММ) взаємодії як об'єкта керування з прийнятною величиною часу розрахунків керуючих впливів надає можливість застосувати ММ безпосередньо в якості регулятора керуючої частини системи. В цьому випадку система керування при генерації керуючих сигналів буде враховувати найбільш значущі особливості об'єкта і в системі будуть присутні тільки помилки, пов'язані з орієнтацією приводів платформи мікроелементів і якістю простору взаємодії (випадкова складова, тобто необхідно враховувати величину окремих «піків», а не їх середню величину). Постійну складову помилки можна врахувати на етапі створення ММ при проведенні тестових випробувань , причому цю корекцію бажано проводити навіть після незначних змін в конструкції мікроелементів або заміні приводів, або зміні їх орієнтації і т.д.

Таким чином, модель міжелементної взаємодії можна представити у вигляді:

$$pZ(t) = V \cdot I \cdot H \cdot K \cdot U(t), \qquad (1)$$

де V - частота сигналу керування $U(t)$, який подається в модель;

K - лінійний коефіцієнт залежності напруга-взаємодія;

I - одинична матриця;

$H = B \cdot R$ матричний вектор, де

$$B = \begin{vmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ bx1 & bx2 & bx3 & by1 & 0 & by3 \end{vmatrix}$$ - матриця коефіцієнтів для розрахунку елементарних міжелементних взаємодій;

R - матриця переходу із локальної системи масштабу в глобальну.

Матричний оператор $\left(H^*\right)^{-1}$, який в подальшому можна використовувати в якості регулятора системи керування, представляє собою наступний вираз:

$$\left(H^*\right)^{-1} = R^{-1} \cdot C, \quad (2)$$

де R^{-1} - матриця переходу із глобального масштабу в локальний, обернена до R;

C - матричний оператор виду

$$C = \begin{vmatrix} cx1 & cx2 & cx3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & cy1 & cy2 & cy2 \\ cax1 & cax2 & cax3 & cay1 & 0 & cay3 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Компоненти оператора C обчислюються на основі співвідношення міжелементної взаємодії САК ГТД.

Пропонована модель міжелементної взаємодії САК ГТД достатньо проста, оскільки будується на основі геометричної і кінематичної моделей мобільних мікроелементів, однак, в той же час, пред'являє жорсткі вимоги до зміни коефіцієнта передачі .

Іншим недоліком моделі, при побудові систем керування реального часу, є відносно великий час для обчислення виходу (час збільшується при зміні частоти керуючої напруги).

Пропонується коефіцієнт передачі представити у вигляді суми постійної величини і параметричного збурення. Таким чином, об'єкт керування можна представити у вигляді схеми (рис. 1):

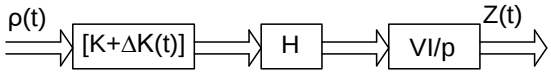

Рис. 1. Структура нестаціонарної моделі об'єктів мікровзаємодій

У відповідності з рис.1, міжелементні взаємодії САК ГТД можна представити у вигляді нестаціонарного рівняння:

$$p\overline{Z}(t) = V \cdot I \cdot H \cdot \left[K^* + \Delta K(t)\right]\overline{\rho}(t). \quad (4)$$

Особливістю даного опису є те, що оператор, який зв'язує $\overline{Z}(t)$ і $\overline{\rho}(t)$ є нестаціонарним коефіцієнтом передачі; при цьому постійну складову K^* можна розглядати як номінальний коефіцієнт передачі об'єкта, а нестаціонарну складову $\Delta K(t)$ - як еквівалентне параметричне збурення, яке діє на об'єкт і виявлене нелінійними властивостями простору, зміною його характеристик в часі та технологічним розкидом характеристик.

Базуючись на концепції керування інформаційно-керуючими комплексами, пропонується будувати систему керування с використанням інформаційної моделі (рис. 2).

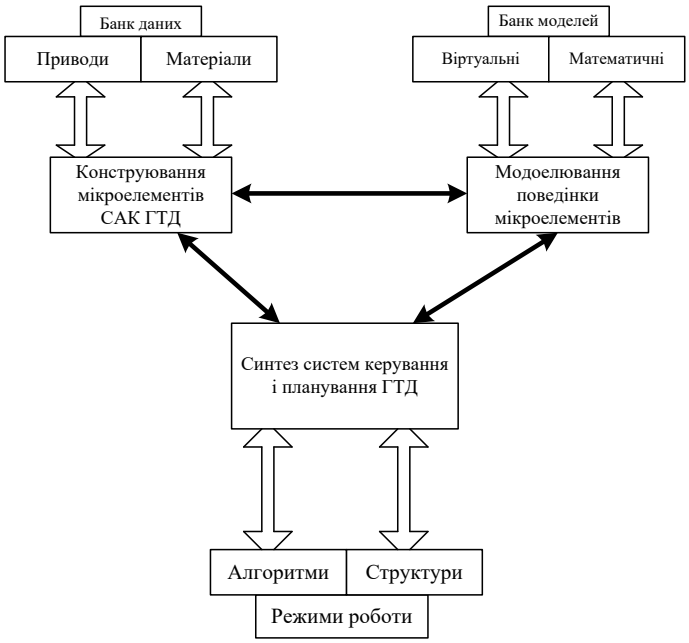

Рис. 2. Інформаційна модель функціонування систем керування ГТД

IV. Висновки

Для стійкої роботи пропонованої моделі інформаційних взаємодій необхідно її занурення в спеціалізоване інформаційне середовище, яке надає можливість використання єдиного протоколу обміну інформацією. При цьому цим середовищем повинні вирішуватися задачі підтримки необхідних типів зовнішніх інтерфейсів: користувача і віддаленого доступу. Найбільш прийнятним варіантом для реалізації є створення віртуального середовища, які реалізують необхідні режими роботи, різні типи інтерфейсів, програмно-апаратну підтримку процесів керування, планування і моделювання.

Список використаних джерел

[1] EUROCAE [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.eurocae.net/

[2] Алиев Р.А. Интеллектуальные работы с нечеткими базами знаний, Радио и связь, 1994

[3] Васильев В.И., Ильясов Б.Г., Валеев С.С. Жернаков С.В. Интеллектуальные системы управления с использованием нейронных сетей, Учеб. Пособие, Уфа, 1997, 92с

[4] Соколов А.В. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами. Инженерные методы. Москва 2006, 256

[5] Securaplane Technology Inc. Wireless technology intra-aircraft wireless data bus for essential and critical applications [Електронний ресурс] Режим доступу: https: // www.secureplane.com/

.