

Синтез адаптивного управління авіаційним газотурбінним двигуном

Розглянуто задачу точного підтримування параметрів авіаційного газотурбінного двигуна та алгоритми точкового і множинного оцінювання налаштовуваних параметрів для вибору адаптивного регулятора системи управління ГТД.

Сучасні авіаційні газотурбінні двигуни (ГТД) та їх системи автоматичного управління (САУ) визначаються:

- ускладненням конструкції двигуна, пов'язаних зі створенням адаптивних ГТД, які змінюють в широкому діапазоні свою структуру і параметри з метою забезпечення найбільш ефективного режиму роботи;
- підвищенням вимог до якості процесів управління, ресурсу, економічності, необхідністю переходу до експлуатації за станом;
- включенням САУ ГТД в інтегральну САУ польотом літального апарату.

Розвиток цих тенденцій за рахунок вдосконалення вузлів та агрегатів стає все складнішим, що пов'язано зі значними матеріальними витратами та часом. Однак є резерв щодо вдосконалення двигуна за рахунок більш точної підтримки його параметрів - адаптивне управління ГТД.

В останні десятиліття найбільш дослідженим класом адаптивних систем управління вважаються безпошукові та пошукові адаптивні системи, які забезпечують необхідну якість регулювання в контурах автоматичної стабілізації та стеження при зміні характеристик середовища та об'єкта [1].

У пошукових системах деякий показник якості характеризується деякою нестабільною залежністю від деяких вхідних змінних. Задачею системи є підтримка цього показника, який рівний екстремальному значенню, шляхом зміни вхідних величин системи. Причинами, що викликають необхідність налаштування, є зміна впливів на систему і відхилення параметрів об'єктів від їх оптимальних значень. Відхилення можуть виявлятися організацією пробних рухів системи з подальшим аналізом вхідної і вихідної інформації або за допомогою аналізу робочих сигналів. Перший спосіб реалізується за рахунок застосування спеціальних пошукових рухів (пробних сигналів), другий - на підставі аналітичних розрахунків, проведених обчислювальним пристроєм.

Більш ефективними являються безпошукові методи, які характеризуються високою швидкодією і точністю. Ці методи будуються за схемами прямого або непрямого адаптивного управління [1].

У разі прямого адаптивного управління в процесі роботи системи вимірюються деякі характеристики моделі системи, які в подальшому використовуються для корекції налаштовуваних параметрів регулятора з метою подальшого зведення їх до нуля або малої допустимої величини.

При непряму (ідентифікаційному) адаптивному управлінні проводиться попередня ідентифікація об'єкта, після чого за оціночними параметрами обчислюються налаштування регулятора.

Структура адаптивної системи в умовах невимірюваних збурень з паралельною роботою методів адаптації показана на рис. 1



Рис. 1. Структура системи управління ГТД

Задача синтезу адаптивної системи управління двигуном включає:

1. Вибір структури і налаштовуваних параметрів регулятора: невідомі параметри об'єкта замінюють відповідними налаштовуваними параметрами з використанням алгоритмів точкової і множинної ідентифікації.

Алгоритм точкового оцінювання полягає у розв'язку системи нескінченних лінійних нерівностей виду:

$$\eta_i = |(x_i, \beta) + \alpha_i| \leq \varepsilon \quad (1)$$

де $i=0,1,2,\dots$ - номер об'єкта зображення з деякого множини X , висуного при оцінці, β - ваговий вектор, що піддається оцінці, α , ε - деякі дійсні числа.

Для фіксованого значення нерівність визначає смугу між двома паралельними площинами в просторі $\{\beta\}$. Смуги за змістом розв'язуваної задачі можуть бути заздалегідь невідомі: передбачуваний алгоритм за значеннями β_0, \dots, β_i повинен визначати вектор x_i і числа α_i і ε . Цей алгоритм носить назву "смужка" [1]. У відповідності з алгоритмом для відомих дискретних величин x_i корекція значень вагового вектора β здійснюється за правилом

$$\beta_n = \begin{cases} \beta_{n-1}, & \text{if } |\eta_{n-1}| \leq \varepsilon, \\ \beta_{n-1} - \eta_{n-1} |x_{n-1}|^{-2} x_{n-1}, & \text{if } |\eta_{n-1}| > \varepsilon. \end{cases} \quad (2)$$

При виконанні нерівності вектор β_n алгоритмом не змінюється, в іншому випадку β_n проєктується на площину розміщену всередині смуги. Алгоритм за дискретними значеннями, оцінним значенням β_j і встановленим порогом ε здійснює корекцію β_j .

Метод множинної ідентифікації характеризується множиною оцінок виду:

$$\beta \in B_0^{(n)}, \quad (3)$$

$$\text{де } B_0^{(n)} \subset B_0^{(n-1)}.$$

Загальну ідею отримання послідовності покращених апостеріорних оцінок $B_0^{(n)}$ можна розглядати на прикладі дискретного управління об'єкта:

$$x_{n+1} = \beta_1 x_n + \beta_2 u_n, \quad x_0 = x^0, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (4)$$

де $\beta^T = (\beta_1, \beta_2)$ - вектор параметрів, для якого задана апіорна оцінка. Під дією управління об'єкт переведений зі стану x_1 . При вимірному значенні стану x_1 визначають множину оцінок $\beta^i \in [\underline{\beta}'_j, \bar{\beta}'_j]$, де β^i - компонента невідомого β , та знаходять j переріз інтервалів:

$$B'_j = [\underline{\beta}'_0, \bar{\beta}'_0] \cap \dots \cap [\underline{\beta}'_j, \bar{\beta}'_j], \quad i = (1, \dots, N). \quad (5)$$

Послідовне визначення меж $\underline{\beta}'_j$ і $\bar{\beta}'_j$ дозволяє організувати процедуру покращення множин невідомих β^i у формі

$$B'_j = B'_{j-1} \cap [\underline{\beta}'_j, \bar{\beta}'_j] \quad (6)$$

2. Синтез алгоритму адаптації та обґрунтування працездатності адаптивного регулятора.

Висновок

Вдосконалення САУ СУ дозволить створити методи управління ГТД, які здійснюють адаптацію управління СУ до умов експлуатації, інтеграцію управління робочим процесом в двигуні і режимів польоту, компенсацію відмов в двигуні і САУ

Список літератури

1. Медич, Дж. Статистически оптимальные линейные оценки и управление / Дж. Медич; пер с англ. 2-е изд.; под. ред. А.С. Шаталова. - М.: Энергия, 2000.