УДК 629.7.01

С.В. Єпіфанов, О.В. Бондаренко, Р.Р. Джаббаров

ФОРМУВАННЯМАТЕМАТИЧНОЇМОДЕЛІТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГУНАНАРЕЖИМІЗАПУСКУ

У сучасному двигунобудуваннізначне місце посідає математичне моделювання робочих процесів. Воно застосовується як при проектуванні, так і при доведенні, випробуваннях двигуна та його систем. Зокрема математичні моделі використовуються при розробці та доведенні систем автоматичного керування. Удосконалення моделей та тенденція до збільшення об'єму їх використання при випробуваннях призвела до необхідності створення динамічних моделей в області запуску. Використання моделей, в тому числі в області запуску, зменшує кількість натурних випробувань двигуна та його систем, що призводить до прискорення проектування та зменшення витрат. Але внаслідок того, що процеси під час запуску та на робочих режимах суттєво відрізняються одне від одного, стає неможливим використання динамічних моделей робочих режимів для моделювання запуску. Це накладає певні умови на процес створення моделі. Тому в цій роботі розглянуті особливості ідентифікації моделей в області запуску.

В процесі ідентифікації широко використовуються експериментальні дані з випробувань двигуна, для якого створюється модель. Тому існує мінімально необхідний список параметрів та показників двигуна, без яких процес ідентифікації неможливий. До них входять частоти обертання роторів, значення тиску та температури в перерізах проточної частини, зовнішні умови. Однак є ряд параметрів, присутність яких в експериментальних базах даних чи додаткових матеріалах значно спрощує модель та робить її більш точною. До таких можна віднести інформацію про пусковий пристрій:

- ✓ моментна характеристика (залежність моменту стартера від частоти обертання, температури та тиску повітря на вході в стартер);
- ✓ передатне число (відношення частот обертання роторів високого тиску та стартера);
- ✓ реєстраційні данні про температуру і тиск повітря на вході до повітряноготур-бо-стартера під час запуску, а також дискретний сигнал-ознака ВІДКР/ ЗАКР заслінка ПТС (повітряний турбо-стартер);

На жаль, при побудові моделі довелося стикатися з відсутністю перелічених параметрів. Методика, що існувалараніше (Сіренко, Ф.Ф. Ідентифікація характеристик газотурбінного двигуна в області запуску. Дисс. канд. техн. наук, Харків, ХАІ, 2014), передбачала наявність цієї інформації. Відсутність цих параметрів призводить до необхідності коригуватизапропоновані методи при ідентифікації моделей. Так само використовуємо поняття статичної характеристики на режимі запуску, але методика має деякі відмінності від згаданої дисертації:

- ✓ ідентифікація відбувається, спираючись не лише на статичну характеристику з діапазону робочих режимів. Ідентифікація залежностей динамічного коефіцієнта та статичної характеристики відбувається сумісно, використовуючи результати реєстрації стендових випробувань.

Для моделей робочих режимів використовуються нелінійні моделі, що створені на основі рівнянь сумісної роботи вузлів двигуна. Однак через те, що для області запуску неможливо використовувати ті самі залежності, що й для опису процесів на робочих режимах, та через відсутність характеристик вузлів,для цього етапу роботи двигуна стає неможливим використання моделей робочих режимів для створення моделі запуску. Тому ані рівняння, ані коефіцієнти лінійної динамічної моделі (КЛДМ)не використовуються в процесі ідентифікації моделі в області запуску. Але всі моделі не працюють окремо, незалежно одна від іншої, а є частинами загальної моделі двигуна. Тому необхідно, аби вони відтворювали параметри двигуна безперервно та без стрибків, що не мають фізичного підґрунтя.

Певною складністю є процес поєднання моделей запуску та робочих режимів, оскільки структура цих моделей різна. Запропоновано використати єдину структуру для всіх режимів роботи двигуна:

$$\dot{n} = \frac{1}{J} b(G - G^{ст}).$$

Але суттєвим і принциповим залишається вплив вмикання та вимикання пускового пристрою, який неможливо ігнорувати. Запропоновано враховувати це за допомогою введення поняття статичних характеристик витрати палива з увімкненим та вимкненим пусковим пристроєм.

Запропонована методика побудови моделі враховує недоліки попередньої та має переваги:

- ✓ вища точність за рахунок використання результатів стендових випробувань для побудови моделі;
- ✓ спрощена процедура поєднання моделей запуску та робочих режимів.