

ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ВКЛЮЧЕНИЯ ФОРСАЖА В ТРДДФ

©2016 А.Е. Кишалов, К.В. Маркина

Уфимский государственный авиационный технический университет

THE THERMOGAS DYNAMIC SIMULATION OF TRANSITIONAL SWITCHING ON OF AUGMENTED RATING IN AFTERBURNING TURBOFAN ENGINE

Kishalov A.E., Markina K.V. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

It is considered modeling of aviation engine combined with its automatic control system, supervision and diagnostics in Dvig_Otladka2 system, that allows selecting and optimizing of control and regulation programs of aviation engines at the projecting phase.

На начальной стадии проектирования авиационных двигателей (АД) производятся термогазодинамические расчёты, в результате которых осуществляется выбор и оптимизация схемы, основных параметров АД и геометрии проточной части. На этой стадии проектирования важно проработать законы управления и регулирования двигателем во всём эксплуатационном диапазоне. Система имитационного моделирования (СИМ) Dvig_Otladka2 [1] позволяет моделировать АД различных схем и принципов действия на установившихся и переходных процессах, с возможностью автоматического переключения с одного режима регулирования на другой.

Для моделирования системы автоматического управления (САУ) в СИМ содержится набор моделей, описывающих действие различных регуляторов и элементов автоматики [2].

В работе описывается моделирование турбореактивного двухконтурного двигателя с форсажной камерой (ТРДДФ) IV поколения для военного самолёта совместно с его САУ (рис. 1).

Для АД с форсажной камерой (ФК) критичным является переходный процесс включения форсажа [2, 3]. САУ моделируемого АД отслеживает скольжение роторов низкого давления (НД) и высокого давления (ВД). Во время розжига форсажа, САУ на некоторое время перестраивается на другое значение скольжения и регулирует площадь критического сечения сопла. За счёт этого АД снижает частоту вращения ротора НД, уменьшает расход топлива в камеру сгорания, повышает запасы газодинамической ус-

тойчивости компрессоров, улучшает условия горения топлива в ФК.

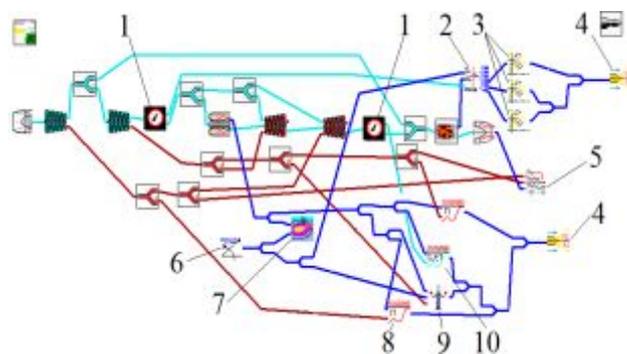


Рис. 1. Топологическая модель ТРДДФ в СИМ Dvig_Otladka2

Модель АД совместно с его САУ представлена на рис. 1. Управление моделью происходит за счёт изменения угла установки рукоятки управления двигателем (РУД, позиция 6 на рис. 1). Структурный элемент (СЭ) «РУД, совмещённый с гидрозамедлителем» передаёт информацию остальным элементам автоматики. Частота вращения ротора ВД поддерживается в зависимости от температуры окружающей среды и угла установки РУД: $n_{ВД} = f(\alpha_{РУД}, T_H)$. Частоты вращения, с коррекцией по температуре окружающей среды, отслеживаются СЭ «Ограничитель предельных параметров: $n_{max} = f(T_H)$ » (позиция 8). Значение температуры газов за турбиной отслеживается СЭ «Ограничитель предельных параметров», соединённым с СЭ «Датчик», который моделирует установку датчиков различного типа с различными характеристиками и погрешностями установки (например, $T_{max} = f(T_H)$, позиции 10 и 1, соответственно).

Механические и газодинамические ограничители моделируют работу блока предельных регуляторов АД. Модель настроена так, что на максимальном режиме АД регулируется блоком предельных регуляторов (насос-регулятор, позиция 9, настроен на большие значения частот вращения). Регулятор ПиТ (позиция 5) отслеживает частоты вращения роторов НД и ВД и в зависимости от температуры окружающей среды регулирует площадь критического сечения реактивного сопла: $n_{НД} = f(T_H, n_{ВД})$ и $F_{с.кр.} = f(n_{НД})$. В момент розжига форсажного топлива, моделируемого при помощи СЭ «Огневая дорожка» (позиция 7), регулятор перестраивается на большее значение частоты вращения ротора НД и «раскрывает» сопло. Подача топлив (позиция 4) в ФК дозируется в зависимости от давления за компрессором при помощи СЭ «Регулятор форсажного топлива» (позиция 2), который распределяет его по коллекторам (позиция 3), определяет границы устойчивого горения и воспламенения топливно-воздушной смеси: $G_T/p_K = f(\alpha_{руд}, T_H)$ [4]. Результаты моделирования переходного процесса включения форсажа представлены на рис. 2 и 3.

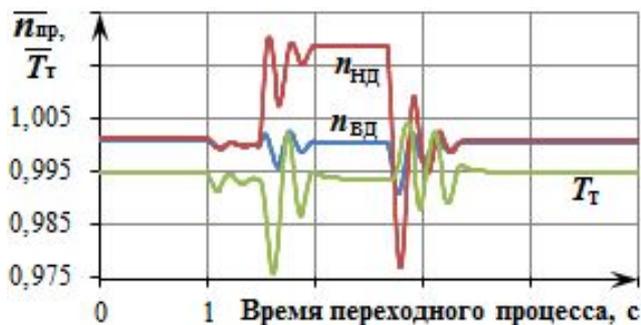


Рис. 2. Изменение относительных частот вращения роторов и температуры газов за турбиной

Разработанная СИМ Dvig_Otladka2 содержит набор структурных элементов для моделирования САУ различных АД. Основной принцип, заложенный при моделировании — моделирование работы элементов ав-

томатики и оказываемого воздействия на АД.



Рис. 3. Изменение относительной площади критического сечения сопла, расхода форсажного топлива и сигнала огневой дорожки

Описанная технология моделирования АД совместно с его САУ позволяет анализировать протекание сложных переходных процессов и оптимизировать программы управления и регулирования, значительно ускорить этапы проектирования АД.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-7183.2015.8.

Библиографический список

1. Ахмедзянов Д.А., Кишалов А.Е. Моделирование переходных процессов, протекающих при отладке автоматики при испытаниях ТРДДФ. / Вестник ВГТУ №7 (8). Воронеж, 2011. С. 152-158.
2. Ахмедзянов Д.А., Кишалов А.Е. Методы и средства для автоматизации отладки форсажных режимов при испытаниях ТРДДФ в серийном производстве. - М.: Машиностроение, 2013. 205 с.
3. Ахмедзянов Д.А., Кишалов А.Е. Повышение эффективности процесса отладки форсажных режимов при испытаниях ТРДДФ. / Вестник УГАТУ №2 (47). Уфа: УГАТУ, 2012. С.87-97.
4. Ахмедзянов Д.А., Кишалов А.Е. Технология отладки динамических процессов в авиационных ГТД при приёмно-сдаточных испытаниях. / Известия вузов. Авиационная техника №3. – Казань: 2007. С.26–31.