

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУРБОВИНТОВОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

© 2018 А.В. Иванов

ПАО «НПП «Аэросила», г. Ступино

USE OF SIMULATION MODELING OF TURBOPROP ENGINE IN THE DEVELOPMENT OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

Ivanov A.V. (Public joint stock company «Scientific-production enterprise «Aerosila»,
Stupino, Russian Federation)

There are the features of simulation modeling of turboprop engine. Main tasks which can be solved with use of simulation modeling are denoted. The degree of detail of element-by-element mathematical model which is required to develop modern automatic control systems of propellers and turboprop engines is described.

Неотъемлемой частью разработки современной САУ турбовинтового двигателя (ТВД) являются расчёты, проводимые на начальной стадии проектирования и позволяющие определить оптимальные алгоритмы функционирования САУ, законы управления двигателем и воздушным винтом (ВВ), а также оценить поведение САУ при возникновении отказов. Разработчики САУ путём применения современных методик стремятся повысить не только качественную, но и количественную достоверность проводимых расчётов для экономии ресурсов, затрачиваемых на последующую доводку САУ.

В настоящее время имитационное моделирование, как разновидность расчёта, стало обязательной частью процесса создания САУ ТВД [1, 2]. Поэлементное строение современной имитационной модели позволяет в режиме реального времени с высокой точностью воспроизводить динамические и статические параметры ТВД. При этом повышение достоверности моделирования достигается за счёт:

- применения поузловой математической модели двигателя, позволяющей воспроизводить его существенно нестационарные режимы работы [3,4], а также учитывающей изменение геометрии проточной части, изменение параметров отбора и перепуска воздуха (отборы на СКВ, ПОС, открытие КПВ и др.), изменение отборов механических мощностей (топливных и масляных агрегатов, энергоузлов), влияние числа Re на характеристики компрессоров и турбин;

- применения поэлементной математической модели ВВ, позволяющей воспроиз-

водить его динамические характеристики, рассчитать крутящие моменты от аэродинамических и центробежных сил, действующих на лопасть (расчёт по вихревой теории), а также учитывающей изменение силы трения в заделках лопастей ВВ, изменение силы трения в сервопоршне механизма изменения шага ВВ;

- применения поэлементной математической модели гидромеханической части САУ, позволяющей воспроизводить статические и динамические параметры регуляторов расхода топлива, положения направляющего аппарата компрессора, перепуска воздуха, частоты вращения ВВ, а также учитывающей изменение внутренних утечек по золотниковым парам регуляторов, изменение кинематической вязкости и плотности масла, изменение гидравлических сопротивлений каналов управления ВВ, изменение утечек и перетоков масла по каналам управления ВВ внутри редуктора;

- применения математической модели электронной части САУ, являющейся её полным аналогом в части законов управления, алгоритмов функционирования и формируемых управляющих воздействий;

- применения математических моделей датчиков и исполнительных механизмов, позволяющих воспроизводить запаздывания в каналах измерения и управления, изменение постоянной времени термодатчиков, смещение нуля и искажение характеристик датчиков вследствие влияния окружающих условий;

- идентификации применяемых математических моделей на всех этапах разработки и эксплуатации ТВД.

Применение имитационного моделирования ТВД позволяет:

- синтезировать оптимальные законы управления ТВД на различных режимах его работы, в том числе, на режиме реверса тяги;

- отработать управление ТВД в различных высотно-скоростных и климатических условиях;

- отработать алгоритмы функционирования САУ при отказах элементов конструкции ТВД и его систем, в том числе, сложно воспроизводимых в эксплуатации ввиду их опасности;

- своевременно выявлять системные ошибки при проектировании САУ;

- оценить запасы устойчивости САУ;

- повысить достоверность полунатурных испытаний САУ.

В настоящее время имитационное моделирование, как наиболее достоверный способ воспроизведения параметров ТВД, нашло применение также в тренажёрных комплексах, используемых для обучения лётного состава и проведения различных исследовательских испытаний. Взаимодействие имитационной модели ТВД с бортовой системой экранной индикации и сигнализации на тренажёре самолёта позволяет выявить и устранить ошибки указанной системы до поставки её на борт, а высокая точность воспроизведения имитационной моделью статических и динамических режимов ТВД позволяет повысить качество моделируемых на тренажёре самолёта динамических характеристик летательного аппарата.

Таким образом, стоит отметить, что имитационное моделирование играет значительную роль не только в процессе создания САУ ТВД, но и в процессе создания летательного аппарата, а также в процессе его эксплуатации.

Библиографический список

1. Блюмин К.В. Моделирование динамических процессов в системе управления авиационного двигателя / К.В. Блюмин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – № 3 (34). – С. 75-80.

2. Ахмедзянов Д.А. Совместная работа авиационных газотурбинных двигателей и топливной автоматики на режимах разгона и торможения / Д.А. Ахмедзянов, И.А. Кривошеев, Р.А. Сунарчин. // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2006. – № 1. – С. 24-25.

3. Ахмедзянов Д.А. Неустановившиеся режимы работы авиационных ГТД / Д.А. Ахмедзянов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2006. – Т.7. – №1 (14). – С. 36-46.

4. Ахмедзянов Д.А. Методология имитационного моделирования неустановившихся режимов работы авиационных ГТД / Д.А. Ахмедзянов, Е.С. Власова, А.Е. Кишалов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2006. – № 2 (10). – С. 41-44.

УДК 621.822.7(088.8)

КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ И МЕТОДИКА КИНЕМАТИЧЕСКОГО И ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РАСЧЁТА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ С СЕПАРИРУЮЩИМИ РОЛИКАМИ

© 2018 Б.М. Силаев, А.В. Заваруев, С.А. Мецкер

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

CONSTRUCTIONAL SCHEMES AND METHODOLOGY (METHODS) OF KINEMATIC AND GEOMETRIC CALCULATION OF ROTATING BEARINGS WITH SEPARATING ROLLERS

Silaev B.M., Zavaruev A.V., Metsker S.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The structural schemes of rotating bearings with separating rollers are considered, instead of the ordinary separators. It is shown, that this eliminates the sliding friction between the rolling elements and the separator in the rotating bearing, and also between the separator and the rim guide of the rims of the rings. The reduction of the friction moment