

НАПРАВЛЕНИЕ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ТОПЛИВОПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ» / «AIRCRAFT ENGINE SYSTEMS»

УДК 621.452.32

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АГТД МАЛОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Кузнецов А.А.

АО «ОДК-Климов», Санкт-Петербург, pba_sau@klimov.ru

Ключевые слова: авиационный газотурбинный двигатель, САУ, топливно-регулирующая аппаратура.

Значительная часть массы авиационного газотурбинного двигателя (АГТД) малой размерности приходится на приводные агрегаты масляной и топливной систем, а также на коробку приводов данных агрегатов. Для снижения массы применяется единый приводной агрегат, совмещающий топливный и масляный насосы. Перспективным, особенно для беспилотных летательных аппаратов, считается разработка полностью электрифицированного «сухого» двигателя, имеющего газодинамические подшипники и электроприводные агрегаты топливной системы (системы автоматического управления).

Применение электроприводного топливного насоса системы автоматического управления (САУ) позволяет: исключить коробку приводов (при применении дополнительного электроприводного масляного насоса или других мероприятий по маслосистеме) и уменьшить, таким образом, площадь миделевого сечения двигателя и его массу в целом, а также снизить трудоёмкость изготовления; упростить гидромеханическую часть САУ за счет исключения регулирующих элементов (клапанов перепуска, предельного давления, золотников управления регулируемого плунжерного насоса и др.); снизить требования к чистоте топлива за счет исключения в агрегате прецизионных пар трения; уменьшить общий объем и массу топливных агрегатов за счет отказа от циркуляции топлива под большим давлением, тем самым снизить подогрев топлива; расширить диапазон запуска в связи с независимостью расхода топлива от частоты вращения ротора ТК, что также уменьшит мощность и массу самого топливного насоса. Применение электроприводных агрегатов САУ позволит улучшить характеристики и удешевить малоразмерные АГТД, особенно применяемые в беспилотной авиации.

Резервирование для таких САУ предполагается за счет нескольких источников электропитания и многоканальности электронного регулятора, датчиков и исполнительных механизмов. Гидромеханическое резервирование, основанное на автоматическом управлении расходом топлива по рычагу управления двигателем, не требуется; для беспилотной авиации оно вообще нецелесообразно.

Целью исследований была отработка электроприводных агрегатов САУ в составе реального АГТД малой размерности, а также определение схемы построения топливной аппаратуры с электроприводными насосами.

На первом этапе работ были определены требования для САУ малоразмерного двигателя-демонстратора мощностью 350-450 л.с. с одной топливной вращающейся форсункой. На предприятии-соисполнителе был разработан опытный электроприводный топливный насос с сопутствующей топливной аппаратурой для стендовых испытаний двигателя-демонстратора без жестких требований по массе, внешним воздействующим факторам и ресурсам. Была выбрана схема, состоящая из одного топливного электроприводного насоса, работающего на одну вращающуюся форсунку, клапана запорно-дренажного и электронного блока управления; фильтрация топлива и его подкачка для

приемлемого давления осуществлялась стендовой системой. Электроприводный насос состоит из насоса высокого давления, моментного двигателя и датчика положения ротора моментного двигателя.

Дозирование топлива камеры сгорания выполняется регулированием частоты насоса высокого давления, штатный останов осуществляется прекращением вращения ротора. Моментный двигатель предназначен для раскрутки насоса высокого давления. Управление моментным двигателем осуществляет электронный блок управления с помощью датчика положения ротора моментного двигателя, который определяет частоту вращения ротора и расход топлива.

Были проведены автономные испытания комплекта аппаратуры, в ходе которых проводились имитации проверок циклов консервации, запуска двигателя с поддержанием расхода топлива до розжига, процесс выхода на малый газ, дозирование расхода топлива при изменении режима двигателя, а также аварийный останов.

На следующем этапе были проведены стендовые испытания на двигателе-демонстраторе. Работоспособность применения электроприводного топливного насоса подтвердилась. Точность поддержания режима и приемистость по результатам испытаний соответствуют заданным требованиям. Особо отмечено преимущество применения электроприводного насоса во время подбора точек запуска, когда расход топлива не зависит от частоты вращения ротора турбокомпрессора, возможность калибровки расходомера и выполнение консервации топливной системы без запуска двигателя, быстрота изменения расхода топлива (избыточная для АГТД), возможность установки электроприводного насоса не на двигателе, что может снизить требования по вибрации и максимальной рабочей температуре, а также отсутствие в топливной системе больших объемов циркулирующего топлива, что приводит к его нагреву на низких режимах работы. Испытания показали, что применение электроприводных топливных насосов в системах САУ для АГТД малой размерности является перспективным решением.

На основе испытаний были разработаны технические требования к САУ с электроприводными агрегатами для АГТД нескольких размерностей. Для двигателя с несколькими топливными коллекторами прорабатывается возможность применения нескольких электроприводных насосов по одному на каждый коллектор для исключения распределителя топлива, а также в качестве резервирования. Существенно сократить массу и габариты топливной системы поможет минимизация дренажной системы. В случае малоразмерного двигателя можно отказаться от дренажа топливной вращающейся форсунки, как функции несущественной (малый дренируемый объем топлива при останове). От функции дренирования топливного коллектора можно полностью отказаться, например, при малом ресурсе двигателя (в случае летательного аппарата-мишени).

Окончательные требования к САУ с электроприводными насосами должны быть скорректированы после согласования с разработчиком летательного аппарата требований к двигателю (высота полета, внешние воздействующие факторы, характеристики топливной объектовой системы). От этого будет зависеть наличие электроприводного насоса низкого давления, который можно сделать отдельным агрегатом, и топливного фильтра тонкой очистки. Необходимо согласовать требование по сохранению бесперебойной подачи топлива при отказе топливного бакового насоса летательного аппарата. В случае наличия такого требования, при большой высоте полета будет необходимость в установке насоса низкого давления с эжекторной (струйной) ступенью, что увеличит массу и габариты САУ и двигателя в целом. На основе этого должна быть выбрана насосная часть.

Выводы:

1) На двигателе-демонстраторе показана возможность использования электроприводного насоса для регулирования подачи топлива. Выявлены преимущества использования САУ с электроприводным качающим узлом.

2) Для малоразмерного АГТД разработаны, с учетом полученных результатов, требования к САУ с электроприводной насосной частью.

3) Полученные результаты могут быть использованы для САУ малоразмерных АГТД.

Сведения об авторе

Кузнецов Александр Александрович, ведущий конструктор – менеджер проекта.
Область научных интересов: системы автоматического управления, топливные системы авиационных газотурбинных двигателей.

**THE APPLICATION OF THE ELECTRIC ACCESSORY DRIVERS
IN FUEL SYSTEM OF THE SMALL AIRCRAFT GAS-TURBINE ENGINE**

Kuznetsov A.A.

JSC «UEC-Klimov», Saint-Petersburg, Russian Federation, pba_sau@klimov.ru

Keywords: aviation gas turbine engine, control system, fuel system.

This article presents the analysis of a positive effect from application of the electric drive on an instance of the fuel pump in the aircraft gas-turbine engine.