

КОНЦЕПЦИЯ УНИФИЦИРОВАННОЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ СЕМЕЙСТВА АВИАЦИОННЫХ ГТД

Д. С. Бурунов, В. В. Нерубаский, к. т. н. Г. С. Ранченко

АО «Элемент»
Украина, г. Одесса
odessa@element.od.ua

Описаны принципы реализации унифицированной аппаратно-программной платформы для построения электронных регуляторов, предназначенных для семейства авиационных газотурбинных двигателей, подходы к проектированию и исполнению аппаратной части, встроенного программного обеспечения (ПО), а также средств, облегчающих поддержку системы автоматического управления на всех стадиях ее жизненного цикла. Особое внимание уделено процессу проектирования ПО в соответствии с уровнем критичности, а также применению математического и имитационного моделирования.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, система автоматического управления, аппаратно-программная платформа, стенд-имитатор, программный симулятор.

АО «Элемент» на основании опыта создания, доводки, сертификации и серийного производства цифрового регулятора РДЦ-450М для турбовального газотурбинного двигателя (ГТД) АИ-450М, анализа требований к системам автоматического управления (САУ) еще ряда авиационных двигателей предложило концепцию унифицированного цифрового регулятора для семейства авиационных турбовинтовых двигателей и турбовального ГТД мощностью от 400 до 2800 л.с. и выше. При этом учитывалось, что унифицированная САУ может использоваться как для модернизации существующих серийных двигателей, так и при разработке новых двигателей, а также в качестве альтернативной при импортозамещении.

Предлагаемый доклад посвящен описанию возможного подхода к реализации указанной концепции по отношению к существующим, модифицированным и перспективным двигателям разработки и производства ГП «Ивченко-Прогресс» и АО «Мотор Сич».

Основы концепции унифицированной САУ ГТД

Концепция унифицированной аппаратно-программной платформы базируется на следующих основных принципах:

1. Использование общей конструктивно-компоновочной схемы блока САУ.
2. Применение современных универсальных схмотехнических решений и разумной избыточности по модулям.
3. Использование общих электронных компонентов (микропроцессоры и др.).
4. Модульный подход к разработке программного обеспечения (ПО).
5. Широкое использование математического и имитационного моделирования [1].

Конструктивное исполнение

Конструктивно корпус блока представляет собой сварную оребренную конструкцию из алюминиевого сплава, внутри которой расположены платы с электронными компонентами. Применены демпферы для гашения вибраций и клапан для выравнивания давления воздуха снаружи и внутри блока. Корпус — пыле- и влагозащищенный, допускает работу при температуре окружающей среды от -40 до +55°C.

Аппаратная платформа

Регулятор — типа FADEC, двухканальный с дублированием функций. Электронная часть выполнена в виде набора универсальных модулей, количество которых зависит от потребностей того или иного двигателя. Базовый набор состоит из восьми модулей.

Модули — взаимозаменяемые, многофункциональные, имеют запас по количеству каналов ввода/вывода и обеспечивают реализацию полного набора алгоритмов управления и контроля двига-

теля. Имеется возможность расширения перспективными функциями: управление по вычисляемым параметрам, восстановление сигналов отказавших датчиков, диагностический и трендовый анализ и др.

В модуле ЦПУ используется современный микропроцессор семейства ARM 32-bit Cortex-M4, обеспечивающий достаточный запас вычислительной мощности для выполнения основных и перспективных функций. В периферийных модулях применяются микропроцессоры с аналогичной архитектурой.

Встроенное ПО

ПО выполняет функции управления работой агрегатов системы запуска, управления подачей топлива, выполнение защитных функций, контроль работы самого блока, передачу информации в бортовые системы объекта по каналам информационного обмена (ARINC-429) [1]. Основные функции выполняются в неизменяемой последовательности с тактом цикла 10 мс. ПО разделено на уровни, причем ПО нижнего и среднего уровня выполняет сбор и предварительную обработку информации, которая затем поступает на средний и верхний уровень и используется для последующей обработки «решений» в виде сигналов (команд), выдаваемых на исполнительные механизмы.

Разработка ПО проводится в строгом соответствии с квалификационными требованиями КТ-178В, а в перспективе — RTCA/DO-178С и EUROCAE. Уровень критичности каждой из процедур определяется исходя из уровня критичности функций САУ, для резидентной программы и загружаемой конфигурации ПЛИС центрального процессора установлен наивысший уровень критичности А.

Вспомогательные средства

На всех стадиях жизненного цикла САУ применяются средства, облегчающие и ускоряющие процесс создания, отработки, испытаний и сертификации блока: стенд-имитатор для проверки и испытаний регулятора [2] и программный симулятор режимов работы регулятора в составе силовой установки. ПО стенда-имитатора включает в себя всережимную динамическую математическую модель двигателя, математические модели внешних устройств силовой установки (насоса-дозатора, редуктора, несущего винта и др.).

Для этапов предварительного проектирования САУ, когда ее аппаратная часть еще не готова, разработан программный симулятор [3], он функционально аналогичен стенду-имитатору, но не имеет аппаратной части.

Заключение

Все вышеуказанные принципы построения унифицированного цифрового регулятора прошли отработку при создании САУ РДЦ-1400 для турбовинтового двигателя МС-14 модернизированного многоцелевого самолета Ан-2-100. Продолжает развиваться семейство САУ РДЦ-450М: проходит летные и сертификационные испытания на самолетах Diamond DA-50JP7 и DART-450 вариант РДЦ-450М-С для турбовинтового двигателя АИ-450С. Исследуется возможность применения унифицированного регулятора для двигателей МС-14ВП, ТВ3-117ВМА-СБМ1В, МС-500В, Д-136-2.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Епифанов С.В., Кузнецов В.И., Богаенко И.И. и др. Синтез систем управления и диагностирования газотурбинных двигателей.— Киев: Техника, 1998.
2. Буряченко А.Г., Грудинкин В.М., Бурунов Д.С. Стенд-имитатор двигателя АИ-450М для испытаний регулятора двигателя. Метрологическое обеспечение и аттестация стенда // Вестник двигателестроения.— 2015.— №2.— С. 95—101.
3. Волков Д.И., Комаров В.П., Нерубаский В.В. Разработка и моделирование перспективных электронных систем управления ГТД с использованием программного симулятора // Вестник двигателестроения.— 2015.— №2.— С. 92—94.

V. V. Nerubaskiy, D. S. Burunov, G. S. Ranchenko

A concept of a unified hardware/software platform of electronic control unit for the family of aviation turbine engines

The paper presents a description of the proposed unified hardware/software platform concept for the electronic controls, designed for a family of gas turbine engines. The basic principles of such a platform are declared. The authors describe approaches to the design and implementation of hardware, firmware, and tools to facilitate the support of the control unit at all stages of its life cycle. Particular attention is paid to the process of the software design in accordance with the level of severity, as well as the application of mathematical and simulation modeling.

Key words: gas turbine engine, automatic control system, hardware and software platform, stand-simulator, software simulator, mathematical model.