

УДК 681.518.5

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СТЕНДЫ-ИМИТАТОРЫ И ПРОГРАММНЫЕ СИМУЛЯТОРЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГТД

К. т. н. Г. С. Ранченко, к. т. н. Д. И. Волков, В. В. Нерубаский

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

Приводятся основные аспекты разработки современных систем автоматического управления авиационных газотурбинных двигателей. Обосновывается применение аппаратных и программных решений в области построения стендов-имитаторов и программных симуляторов, а также их применение при разработке и доводке систем управления ГТД. Описываются особенности реализации таких стендов-имитаторов и программных симуляторов, а также опыт их использования.

Ключевые слова: стенд-имитатор, программный симулятор, система автоматического управления, математическая модель, канал информационного обмена.

Разработка современных цифровых систем автоматического управления (САУ) техническим состоянием авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), соответствующих концепции системы FADEC, является сложной технической задачей, на которую накладываются ограничения, связанные с удовлетворением требований стандартов RTCA/DO-178 и RTCA/DO-254 или аналогичных стандартов EUROCAE.

Одной из характерных особенностей современных САУ ГТД является их гетерогенность. САУ может объединять разнообразные датчики, преобразователи и исполнительные механизмы, которые могут иметь как аналоговое, так и цифровое исполнение. При этом цифровые устройства могут использовать широкий спектр протоколов информационного обмена: «классические» ARINC-429 и MIL-STD, специализированные CAN, TTP, RS-232, RS-485 и другие. Управляющие механизмы нередко работают в контуре управления, являющемся вспомогательным по отношению к САУ ГТД. В последнее время наметились тенденции к организации взаимодействия САУ ГТД и таких исполнительных механизмов с использованием цифровых каналов информационного обмена (КИО). Кроме того, аналогичные КИО используются для обмена информацией с бортовым радиоэлектронным оборудованием летательного аппарата (ЛА) и другими системами.

В связи с этим на всех этапах разработки САУ ГТД широко используются специальные аппаратные и программные средства, предназначенные для имитационного моделирования всего комплекса устройств, входящих в САУ, а также для отладки и тестирования встроенного программного обеспечения (ПО) [1].

Важной частью процесса имитационного моделирования является наличие математической модели (ММ) ГТД, обеспечивающей расчет параметров двигателя в масштабе реального времени на всех режимах работы. Моделирование ГТД в реальном времени налагает некоторые ограничения на структуру ММ. Поэтому применяются быстросчетные квазилинейные динамические модели, которые обеспечивают требуемую точность моделирования в установившихся и переходных режимах [2].

Важное значение приобретает имитация работы авиационных датчиков. Особые условия эксплуатации в составе силовой установки (СУ) обусловили применение в авиации ряда специфических датчиков измерения частоты, углового положения и т. д. Отдельно решается вопрос имитации отказных ситуаций (короткое замыкание, обрыв) в датчиках, в том числе для проверки встроенной системы контроля САУ. При этом, учитывая все возможные межканальные связи, требуется выполнение проверок при различных вариантах короткого замыкания (например, проводов датчика между собой или провода на «землю») и обрывов (индивидуально для каждого провода).

Для решения всех этих вопросов при разработке цифровой электронной САУ типа FADEC двигателя АИ-450М в АО «Элемент» разработано аппаратно-программное изделие – стенд-имитатор СИ-450М. Стенд реализует следующие функции [3]:

- имитацию режимов работы ГТД по ММ двигателя АИ-450М с элементами СУ вертолета Ми-2МСБ и системы топливопитания (несущий винт и редуктор, насос-дозатор);
- формирование аналоговых сигналов датчиков двигателя АИ-450М для передачи в САУ;
- формирование дискретных сигналов, принимаемых САУ;
- прием дискретных сигналов управления подачей топлива и аналогового значения тока управления расходом топлива;
- имитацию отказов датчиков и их линий связи;
- передачу параметров двигателя по стандарту Ethernet (протокол TCP/IP).

Часть функций реализована аппаратно, а часть – программно. Вычислительной платформой для ПО СИ-450М служит промышленное шасси Micro PC, операционная система – MS-DOS 6.22.

В рамках предложенной концепции унифицированной САУ для линейки авиационных ГТД мощностью от 400 до 2800 л. с., а также для этапов предварительного проектирования САУ, когда их аппаратная часть еще не готова, разработан программный симулятор (ПС) [2]. Функционально ПС аналогичен СИ-450М, но не имеет аппаратной части. ПС имитирует работу:

- каналов управления двигателем (от одного до четырех);
- аппаратной функции обмена между каналами управления двигателем блоков САУ, программного обмена модулей имитатора СУ и САУ с контрольно-проверочной аппаратурой (КПА);
- СУ в составе одного или двух ГТД совместно с необходимыми внешними устройствами (стартер, насос-дозатор, редуктор, винт, направляющие аппараты компрессора и др.).

Обмен информацией с КПА выполняется по локальной сети ПК. Запуск ПС и КПА выполняется независимо друг от друга. Обмен информацией между модулями ПС (сигналы датчиков двигателя и СВС и управляющие сигналы) и модулей с КПА обеспечивают компоненты модуля управления информационными потоками. Модуль обеспечивает имитацию физических каналов связи и позволяет имитировать нарушение межканального обмена между каналами модуля САУ. Имитация поврежденных датчиков двигателя и/или каналов связи с ними выполняется средствами КПА.

Все вышеуказанные технические и программные средства созданы, реализованы и доказали свою эффективность при разработке САУ двигателей АИ-450М вертолета Ми-2МСБ, САУ двигателя МС-14 самолета Ан-2-100. Планируется их применение при разработке САУ ТРДД Д-436-148 самолетов Ан-148/158 и для других перспективных двигателей.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Волков Д. И., Комаров В. П., Нерубаский В. В. Разработка и моделирование перспективных электронных систем управления авиационными ГТД с использованием программного симулятора // Вестник двигателестроения.– 2015, № 2.– С. 92–94.
2. Синтез систем управления и диагностирования газотурбинных двигателей / С.В. Епифанов, Б. И. Кузнецов, И. Н. Богаенко, Г. Г., Грабовский и др.– Киев: Техніка, 1998.– 312 с.
3. Буряченко А. Г., Грудинкин В. М., Бурунов Д. С. Стенд-имитатор турбовального двигателя АИ-450М для испытаний регулятора двигателя. Метрологическое обеспечение и аттестация стенда // Вісник двигунобудування.– 2015, № 2.– с. 95–101.

G. S. Ranchenko, D. I. Volkov, V. V. Nerubaskiy

Hardware/software driven imitators and software simulators for modern aviation turbine engine control system development

The basic aspects of the development of modern aircraft gas turbine engines automatic control systems are depicted. The using of hardware and software solutions for the developing of stands, simulators and simulation software, as well as their application in the design and finishing of gas turbine engine control systems are substantiated. The features of the implementation of such stands, simulators and simulation software, as well as their utilization are described.

Keywords: *stand-imitator, software simulator, automatic control system, mathematical model, information transfer channel.*