

УДК 681.518.5

В. В. НЕРУБАССКИЙ, И. К. ЛОПАЩЕНКО*АО «Элемент», Одесса, Украина***ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ
ДЛЯ СЕМЕЙСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ САУ АО «ЭЛЕМЕНТ»**

Дается описание основных подходов к выбору исполнения контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) АО «Элемент» и ее интерфейса. Приводятся основные функции и внешний вид КПА. Подробно описываются особенности и составные части серийно выпускаемой КПА-450М, в том числе конструкция, технические и эксплуатационные характеристики, аппаратная и алгоритмическая база устройства согласования. Указываются основные функции программного обеспечения КПА, дается их краткое описание. Рассматриваются два перспективных варианта КПА, один из которых находится на стадии изготовления опытного образца.

Ключевые слова: контрольно-проверочная аппаратура, газотурбинный двигатель, система автоматического управления, тарировка насоса-дозатора, эксплуатационные и доводочные регулировки, техническое обслуживание

Введение

АО «Элемент» как одно из головных предприятий Украины по научно-техническому направлению «Электронные системы измерения, контроля параметров и управления авиационными двигателями», уделяет большое внимание созданию разнообразных программно-технических средств поддержки жизненного цикла своих изделий. Особое место среди них занимает контрольно-проверочная аппаратура (КПА) для семейства электронных систем автоматического управления (САУ) ГТД РДЦ-450: РДЦ-450М, РДЦ-450М-С, РДЦ-450М-В, а также перспективных и разрабатываемых САУ РДЦ-117, РДЦ-136 и др.

Обычно в авиационном двигателестроении под аббревиатурой «КПА» скрывается широкий спектр оборудования, предназначенного для настройки, контроля состояния и технического обслуживания агрегатов и систем ГТД. Не является исключением и КПА, предлагаемая АО «Элемент», причем ее специализацией является работа с САУ собственной разработки и производства.

Предлагаемая статья является описанием концепции, состава, функциональных возможностей и перспектив развития КПА для семейства электронных САУ АО «Элемент».

1. Концепция КПА АО «Элемент»

Еще перед началом разработки своей первой электронной САУ РДЦ-450 специалисты АО «Элемент» провели анализ существующей на тот момент

аппаратуры для настройки и технического обслуживания подобных систем. При этом выяснилось, что существует три концепции или три подхода к исполнению КПА: встроенная в САУ, встроенная в компьютер и автономная. Анализ условий эксплуатации, требований и пожеланий заказчиков привели к выбору автономного исполнения, признанного более универсальным. Кроме того, автономная КПА используется и подключается только при необходимости, в отличие от встроенной в САУ, которая работает все время пока включена САУ. Использование автономной КПА позволило не только снизить стоимость САУ, но и повысить ее надежность за счет исключения «лишних» электронных компонентов.

Еще одной отличительной чертой автономной КПА АО «Элемент» на пути к универсальности является использование ARINC 429 / Ethernet-интерфейса как законченного аппаратного модуля, тогда как программный интерфейс зависит от типа САУ.

2. Функции КПА

На примере КПА-450М для цифровой электронной САУ РДЦ-450М турбовального ГТД АИ-450М ГП «Ивченко-Прогресс» рассмотрим ее основные функции [1]:

- ввод эксплуатационных и доводочных регулировок при корректировке законов управления двигателем.
- считывание и редактирование информации с блока РДЦ-450М о его суммарной наработке;
- регистрация и отображение на экране ПЭВМ

параметров при проведении приёмо-сдаточных и других наземных испытаний двигателя и САУ путем формирования и записи баз данных на основе цифровых параметров, выдаваемых блоком РДЦ-450М по последовательному каналу информационного обмена;

- просмотр и вывод на печать базы данных;
- сохранение базы данных на диск или файловый сервер;
- калибровка насоса-дозатора.

Внешний вид КПА-450М с указанием его составных частей представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид КПА-450М с САУ РДЦ-450М:

- 1 – блок РДЦ-450М; 2 – устройство согласования;
- 3 – персональный компьютер;
- 4 – диск с программным изделием

Важная особенность КПА-450М – это возможность работы одновременно с двумя блоками РДЦ-450М, осуществляющих управление двумя двигателями АИ-450М, входящими в состав силовой установки вертолета Ми-2М/МСБ-2. Таким образом, КПА-450М представляет собой “миниатюрный испытательный стенд”, обеспечивающий сбор и регистрацию данных не только о параметрах самого блока РДЦ-450М, но и силовой установки в целом. Анализ зарегистрированных данных может быть весьма полезен как при проверке выполнения основных функций блока РДЦ-450М при его сдаче заказчику, так и при наземных испытаниях двигателей, связанных, например, с доводкой характеристик или заменой вышедших из строя агрегатов.

3. Аппаратно-программная платформа КПА

КПА-450М состоит из программного изделия (ПИ), предназначенного для исполнения на стацио-

нарном или переносном ПК (типа «Notebook»), и устройства согласования, выполняющего согласование интерфейса ПК Ethernet 10/100BaseT и интерфейса блока РДЦ ARINC 429.

В состав устройства согласования (УС) входят [2]:

- четыре канала приемников ARINC-429 (100 кбит/с);
- четыре канала передатчиков ARINC-429 (100 кбит/с);
- интерфейс Ethernet 10/100BaseT.

Для обеспечения связи УС с блоком РДЦ и ПК используются специальные интерфейсные кабели.

На корпусе УС имеются светодиоды, сигнализирующие включение питания или работу соответствующего канала источника (приемника) сигнала ARINC.

На одной из боковых панелей УС расположены два электрических разъема, маркированные X1 и X2, для подключения источников (приемников) сигнала ARINC, на другой – разъем X3 для подключения к ПК и разъем X4 для подключения к источнику питания.

Прием сигналов ARINC 429 при выполнении преобразования ARINC – Ethernet обеспечивается четырьмя приемниками, представляющими собой специализированные микросхемы.

Четыре другие специализированные микросхемы являются передатчиками и обеспечивают вывод сигнала при выполнении преобразования Ethernet – ARINC.

Преобразование формата сигналов выполняется программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС).

ПЛИС осуществляет обмен сигналами с приемниками и передатчиками через элементы оптической изоляции, которые обеспечивают защиту выходных цепей и внешних подключенных устройств от аварийных перегрузок на входе.

Питание элементов схемы модуля осуществляется встроенным источником питания, который преобразует напряжение 27 В, поступающее от внешнего источника, в стабилизированные напряжения 5 В и 3,3 В.

Корпус – пыле- и влагозащищенный, допускает работу при температуре окружающей среды от -20 до +55°C. Масса УС в комплекте с поставляемыми кабелями не превышает 1 кг. Время непрерывной работы КПА-450М – 23 ч, с последующим перерывом на 1 ч.

ПИ КПА-450М выполнено по модульному принципу. Среда исполнения – ОС семейства MS Windows (XP, 7, 8, 10). В ПИ КПА [2] заложено выполнение следующих функций:

- авторизация (ввод имени и пароля пользовате-

ля, обеспечение разграничения уровней доступа к информации и функциям КПА);

- регулировки (чтение, редактирование и запись в память РДЦ регулировок);
- калибровка (выполнение калибровки насоса-дозатора);
- ведение базы данных (просмотр и печать результатов испытаний);
- регистрация (отказов аппаратной части бРДЦ; наработки РДЦ; режимной и суммарной наработки двигателя; термогазодинамических параметров двигателя, выходящих за допуск при регулировании);
- ввод исходных данных (редактирование учетной информации: типа и номера двигателя, фамилии моториста-испытателя и др.);
- отображение (полноэкранный режим с выводом всех входных и выходных аналоговых и дискретных параметров РДЦ, параметров законов управления и др.);
- настройка (редактор параметров, редактор протокола информационного обмена с внешними системами);
- ведение электронного журнала действий пользователя;
- помощь (справочная информация по ПИ).

ПИ КПА-450М устойчиво функционирует после возникновения отклонений, вызванных ошибками во входных данных и ошибками обслуживания.

ПИ КПА-450М поставляется на CD и снабжено программой инсталляции на ПК. Комплект поставки КПА (ПИ, УС, кабели) обеспечивает работу со всеми вариантами РДЦ-450М.

Разработано два варианта ПИ КПА-450М: базовый с полным набором функций для испытаний двигателей и упрощенный для эксплуатационных организаций.

4. Разрабатываемые и перспективные исполнения КПА

Описанная выше аппаратура имеет два существенных недостатка. Первый – это необходимость внешнего источника питания 27 В, а второй – использование дорогостоящего ПК как средства отображения информации. В эксплуатационных, “полевых” условиях и то, и другое могут отсутствовать.

В связи с этим был предложен вариант исполнения КПА, точнее УС, со встроенным аккумулятором и жидкокристаллическим экраном размером 3,5...4” (рис. 2) с функцией сенсорного ввода. При этом размеры самого УС существенно не изменились. Ограничением такого варианта КПА является возможность работы с ограниченным набором регулировок РДЦ.



Рис. 2. Внешний вид перспективного УС КПА со встроенным ЖК-индикатором и аккумулятором

В качестве основной аппаратной единицы, обеспечивающей прием и передачу сигналов, вывод информации на экран и взаимодействие с пользователем, был выбран микроконтроллер серии STM32. Этот микроконтроллер обеспечивает большинство стандартных интерфейсов для работы с RGB, USB, SD-card, RS-485, Ethernet. USB и SD-card могут использоваться в качестве внешней памяти для хранения регулировок и данных регистратора.

Описанный вариант исполнения КПА имеет недостаток – он не позволяет реализовать все функции ПИ “полноразмерной” аппаратуры из-за небольшого размера экрана. Поэтому был предложен еще один вариант, хорошо вписывающийся в линейку разрабатываемого и выпускаемого АО “Элемент” оборудования авиационного применения.

Речь идет об интеграции КПА и другого перспективного изделия АО “Элемент” – многофункционального индикатора (МФИ). Размер ЖК-индикатора МФИ (6...9”) позволяет в полном объеме реализовать функции КПА и избавиться от недостатков предыдущего варианта. Использование в МФИ современной элементной базы (например, уже упоминавшегося микроконтроллера серии STM32) позволит создать действительно универсальное устройство широкого спектра применения.

Заключение

КПА АО “Элемент” прошла длительный путь развития. В соответствии с современными тенденциями технического обслуживания и ремонта эта аппаратура входит в состав каждого двигателя как “комплект принадлежностей для технического обслуживания”.

Накопленный опыт использования КПА, полученный на этапе отработки программной и аппаратной частей блоков РДЦ, при выполнении приемочных испытаний на АО “Элемент”, в составе испыта-

тельных стендов ГП “Ивченко-Прогресс” и АО “Мотор Сич”, при проведении наземных и летных испытаний, в эксплуатации позволяет с оптимизмом смотреть в будущее. Правильность выбранной концепции исполнения КПА, удобство использования ее ПИ получила подтверждение благодаря положительным отзывам потребителей.

Литература

1. *Контрольно-проверочная аппаратура КПА-450М. Руководство по эксплуатации. АХША.426477.001-01 РЭ [Текст]. – АО “Элемент”, 2012. – 18 с.*

2. *Контрольно-проверочная аппаратура КПА-450М блока РДЦ-450М. Программное изделие. Руководство оператора. АХША.68000-02 34 01 [Текст]. – АО “Элемент”, 2017. – 103 с.*

References

1. *Kontrol'no-proverochnaja apparatura KPA 450M. Rukovodstvo po jekspluatácii. AH-ShA.426477.001-01 RE [Checkout equipment KPA 450M. Operation manual]. JSC Element Publ., 2012. 18 p.*

2. *Kontrol'no-proverochnaja apparatura KPA 450M bloka RDC-450M. Programmnoe izdelie. Rukovodstvo operatora. AHShA.68000-02 34 01 [Checkout equipment KPA 450M. Program product. Operation manual]. JSC Element Publ., 2017. 103 p.*

Поступила в редакцию 18.04.2017, рассмотрена на редколлегии 9.06.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И. А. Гвоздева, АО «Элемент», Одесса, Украина.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕВІРОЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ РОДИНИ ЕЛЕКТРОННИХ САК АТ “ЕЛЕМЕНТ”

В. В. Нерубаський, І. К. Лопашенко

Дається опис основних підходів до вибору виконання контрольно-перевірочної апаратури (КПА) АТ “Елемент” та її інтерфейсу. Наводяться основні функції та зовнішній вигляд КПА. Подається детальний опис особливостей та складових частин КПА-450М, яка серійно виробляється, у тому числі конструкція, технічні та експлуатаційні характеристики, апаратна і алгоритмічна база пристрою узгодження. Вказуються основні функції програмного забезпечення КПА, дається їх стислий опис. Розглядаються два перспективних варіанти КПА, один з яких знаходиться на стадії виготовлення дослідного зразка.

Ключові слова: контрольно-перевірочна апаратура, газотурбінний двигун, система автоматичного керування, калібрування насоса-дозатора, експлуатаційні та доводочні налаштування, технічне обслуговування.

THE FUTURE OF THE CHECKOUT EQUIPMENT FOR THE FAMILY OF ECU DEVELOPED BY JSC “ELEMENT”

V. V. Nerubaskiy, I. K. Lopashchenko

A description of the main approaches to the type selection of the checkout equipment (COA) developed by JSC “Element” and its interface is given. The main functions and appearance of the COA are given. Details and features of the commercially available KPA-450M are described, including the design, technical and operational characteristics, hardware and algorithmic base of the conversion device. The main functions of the COA software are indicated, and a brief description is given. Two prospective versions of the COA are considered, one of which is at the stage of the prototype manufacturing.

Keywords: checkout equipment, gas turbine engine, automatic control system, calibration of the metering pump, operational and finishing adjustments, maintenance.

Нерубаський Вадим Владимирович – науч. сотр., начальник бюро разработки программного обеспечения, АО «Элемент, Одесса, Украина, e-mail: odessa@element.od.ua.

Лопашенко Иван Константинович – инженер-электроник бюро разработки аппаратных средств, АО «Элемент, Одесса, Украина, e-mail: odessa@element.od.ua.

Nerubasskiy Vadym Vladimirovich – scientist, head of software development bureau, JSC «Element», Odessa, Ukraine, e-mail: odessa@element.od.ua.

Lopashchenko Ivan Konstantinovich – electronic engineer of hardware design bureau, JSC «Element», Odessa, Ukraine, e-mail: odessa@element.od.ua.