УДК 629.7.018

А.Н. ПОНОМАРЕВ, А.В. СИЧЕВОЙ

Днепропетровский национальный университет, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНО-АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Представлена концепция инженерной методики определения исходного технического состояния элементов автоматики пневмогидравлических систем питания ракет-носителей. Проведен анализ отказов указанных элементов. Представлены результаты экспериментальной отработки импульсно-акустического метода диагностики.

Введение

Потребность повышения надежности авиационно-космической техники с целью удовлетворения требований работоспособности и безопасности диктует необходимость создания комплексной системы диагностирования пневмогидравлических систем питания (ПГСП) ракет-носителей и космических аппаратов, которая должна реализовываться от этапа проектирования до этапа изготовления изделий.

При разработке системы технической диагностики ПГСП РН особый интерес представляют работы, посвященные методам контроля сложных изделий, включающих пневмогидравлические системы.

Программа обеспечения надежности РН предусматривает проведение испытаний всех систем изделия, начиная от этапа автономных испытаний отдельных агрегатов и заканчивая комплексными испытаниями собранной ракеты. Автономные испытания агрегатов, механизмов, узлов ЖРДУ и ПГСП определяются соответствующими техническими документами на основе анализа функционального назначения объекта испытания, требований к его параметрам и характеристикам, условий эксплуатации, сборки, хранения, подготовке к работе и использования в штатной ПГСП. В соответствии с заданной программой, агрегаты проходят испытания на различных экспериментальных установках: вакуумные камеры, вибростенды и ударные стенды, пневматические и гидравлические стенды, обеспечивающие заданные параметры рабочих тел и т.п. [1]. Анализ работ, посвященных теоретическим, прикладным и методическим вопросам диагностирования систем различного назначения показывает, что в настоящее время созданы и широко применяются на практике методы контроля различных сложных технических систем, например двигателей внутреннего сгорания, авиационных двигателей, всевозможных пневматических и гидравлических приводов, механических агрегатов. В основном эти методы разработаны для конкретных технических решений отдельных узлов и устройств.

Испытания систем ЖРД и ПГСП ЖРДУ проводятся, как правило, после окончания автономной отработки агрегатов, комплектующих эти системы. При испытании систем, наряду с серийным промышленным оборудованием, используются специальные стенды. Это, в частности, стенды для диагностики отдельных сборок трубопроводов с элементами автоматики для контроля пневмо- и гидроприводов, различных систем самолета (гидравлической, пневматической, кислородной, пожаротушения и пр.). Функционирование систем проверяют на полностью собранном изделии при рабочих давлениях

© А.Н. Пономарев, А.В. Сичевой

после проверки участков систем. Данный подход близок по целям к задачам контроля технического состояния ПГСП ЖРДУ [2].

Цель исследований – разработка инженерной методики диагностирования элементов автоматики авиационно-космической техники, позволяющей оперативно, объективно и с минимальными финансовыми и трудозатратами определять исходное техническое состояние исследуемого объекта.

Результаты исследований

Авторами проведено исследование конструкций элементов автоматики ПГСП РН. Рассмотрены конструкции применяемых в современной ракетно-космической технике клапанов, определены объекты диагностирования – электропневмоклапаны (ЭПК), электрогидроклапаны (ЭГК).

В нашем случае поставлена задача диагностирования состояния элементов автоматики ПГСП – клапанов, регуляторов, переключателей, детали которых при срабатывании совершают поступательное движение с остановкой. Вследствие этого они издают кратковременный (импульсный) акустический сигнал, что позволяет при измерениях данного сигнала и последующей обработке применять методы, используемые при анализе ударной вибрации [3 – 5]. Для подтверждения работоспособности методики импульсной акустической диагностики применительно к диагностированию элементов автоматики необходима предварительная экспериментальная отработка.

На основании статистических данных отработки и эксплуатации агрегатов автоматики, производства ПО «ЮМЗ» (по материалам ГКБ «Южное») для указанных конструкций определены наиболее характерные неисправности: заедание, заклинивание, появление надиров, расклепывание или растрескивание уплотнительных элементов, попадание инородных частиц, недооткрытие, недозакрытие, неточность срабатывания по времени.

Для предварительной экспериментальной отработки методики был выбран серийный нормально закрытый ЭПК прямого действия типа 92.9811. Выбор неразгруженного клапана в качестве объекта исследования был сделан с целью упрощения экспериментального оборудования – исключения систем высокого давления из состава опытной установки. Ход клапана – 0,8 мм, время срабатывания – 2 мс.

Для проведения исследований разработана и смонтирована экспериментальная установка (рис. 1).

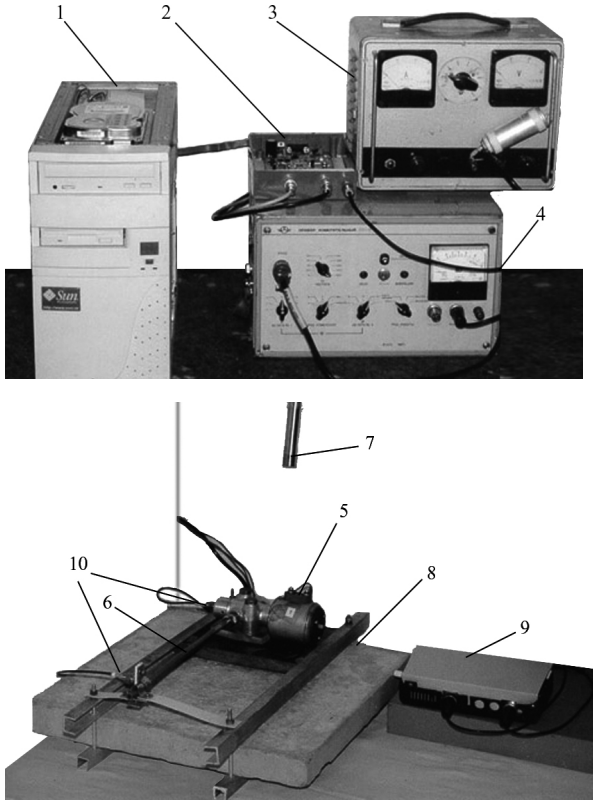

Рис. 1. Экспериментальная установка

На рис. 1: 1 – персональный компьютер; 2 – АЦП (на базе контроллера ADUC-812 (Analog Device) (8 каналов АЦП, 1 канал ЦАП, 12 бит, частота дискретизации – 200000 изм/сек); 3 – блок питания (24 В); 4 – измерительный прибор шума и вибрации ИШВ-1; 5 – испытуемый клапан; 6 – элемент трубопровода; 7 – микрофонный капсюль конден-саторный М 101 с предварительным усилителем; 8 – стендовая плита; 9 – предварительный усилитель вибропреобразователей; 10 – пьезоэлектрические вибропреобразователи Д 14.

Методика проведения испытаний и обработки результатов

Для испытаний были отобраны пять одинаковых клапанов из одной партии. Все клапаны прошли заводской контроль и находились в исправном состоянии. На первом этапе производились многократные (20 срабатываний) испытания работоспособных клапанов. При испытаниях регистрировался временной процесс длительностью 6 мс (300 точек отсчета). На основании этих испытаний были получены усредненные эталонные значения контролируемых параметров для исправных клапанов (виброакустические портреты исправных объектов).

На втором этапе моделировались неисправные состояния клапанов. Поочередно искусственно вносились конкретные характерные неисправности. Для каждой неисправности повторялась процедура измерений. В результате получены усредненные «портреты неисправных состояний клапанов».

Далее проводился анализ и обработка полученных данных. Применялись статистические методы распознавания образов – оценивался разбег измеряемых значений контролируемого сигнала, проводились сравнения энергетических показателей сигнала. С помощью статистических методов удалось с достаточно высокой достоверностью определять некоторые неисправности, которые имеют визуально отличающийся характер сигнала от нормы (попадание инородных частиц на уплотнительные элементы и разрушение уплотнительных элементов).

Однако, для других неисправностей недостаточно только статистической обработки. Поэтому для их идентификации применялись методы спектрального анализа, которые дали более уверенные результаты. Применение спектрального анализа позволило выделить информативные компоненты исследуемых сигналов. Благодаря этому стало возможным идентифицировать и другие моделируемые неисправности, что говорит о работоспособности предлагаемой методики.

Заключение

Полученные предварительные результаты позволяют надеяться на дальнейшее развитие методики испытаний.

Одновременно требуется сосредоточить усилия на разработку адекватных математических описаний дефектов и неисправностей элементов автоматики с целью создания достаточно универсальной экспериментально-теоретической методики, применимой в условиях производства и эксплуатации изделий.

Предложенная методика удовлетворяет требованиям отрасли по оперативности и достоверности контроля агрегатов. На основании вышесказанного предлагается внедрение предложенной методики для проведения стационарных испытаний авиационно-космической техники.

Литература

1. Полухин Д.А., Орещенко В.М., Морозов В.А. Отработка пневмогидросистем двигательных установок ракет-носителей и космических аппаратов с ЖРД. – М.: Машиностроение, 1987. – 248 с.

2. Беляев Н.М., Уваров Е.И., Степанчук Ю.М. Пневмогидравлические системы. Расчет и проектирование: Учеб. пособие для технич. ВУЗов. – М.: Высш. шк., 1988. – 271 с.

3. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 238 с.

4. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

5. Вибрации в технике. Справочник в 6 т. Т. 5 – Измерения и испытания. – М.: Машиностроение, 1981. – 496 с.

Поступила в редакцию 10.05.2005

Рецензенты: д-р техн. наук, О.В. Пилипенко, ИТМ НАНУ НКАУ, Днепропетровск; д-р техн. наук, проф. А.Н. Петренко, ФТИ ДНУ, Днепропетровск.