

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДОМ ТОПЛИВА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОГО РАЗГОННОГО БЛОКА

Иванов В.П.¹, Партола И.С.²

¹Институт проблем управления Российской Академии наук им. В.А. Трапезникова, г. Москва

²Государственный космический научно-производственный Центр им. М.В. Хруничева,
г. Москва

THE COMBINED FUEL DRAINING CONTROL SYSTEM FOR LIQUID OXYGEN AND LIQUID HYDROGEN UPPER STAGE

Vladimir P. Ivanov, Igor S. Partola A totally new fuel draining control system for cryogenic upper stage is discussed at the article. The system function is tank fuel remains minimization. The task solution is provided by fuel components drain levels ratio changing. A using of information about fuel level in tanks from discrete sensors provides the parry infelicities of tank filling, fuel components consumption velocity measurement and the engine control devices. A mathematic simulation confirmed the system efficiency.

Разгонный блок КВТК представляет собой одноступенчатый ускоритель, предназначенный для одиночных, групповых и полупутных запусков космических аппаратов. Двигательная установка РБ КВТК разработана с использованием опыта разработки и эксплуатации кислородно-водородного разгонного блока 12КРБ. Существенными отличиями программы полета КВТК от прототипа 12КРБ являются длительный период выведения полезной нагрузки (до 9 часов против 6 минут) и многократный (до 5 раз) запуск маршевого двигателя в полёте [1].

К новым системам и техническим решениям, применённым в двигательной установке разгонного блока КВТК, относится, в частности, комбинированная система контроля уровня и расходования топлива (СКУРТ), обеспечивающая одновременное опорожнение топливных баков. Заданный алгоритмом СКУРТ коэффициент соотношения секундных расходов компонентов топлива в паузах между срабатываниями датчиков прохождения уровня в баках поддерживается с использованием результатов измерения секундных расходов кислорода и водорода и температуры окислителя [2].

Существует 2 варианта дистанционного контроля СКУРТ уровней топлива в баках:

1. Измерение секундного объемного расхода окислителя и горючего через двигатель (как правило, непрерывное);

2. Измерение уровня топлива в баке (как правило, дискретное).

Особенностью кислородно-водородных двигателей является существенная зависимость удельного импульса от соотношения массовых секундных расходов компонентов топлива - параметра K_m . В этом случае изменение параметра K_m в процессе регулирования опорожнения баков, потребное для обеспечения одновременной выработки окислителя и горючего, может вызывать заметное снижение удельного импульса двигательной установки, что, в свою очередь, приведет к потерям в энергетических характеристиках изделия.

Объединение непрерывного и дискретного принципов измерения секундного расхода компонентов топлива в единой комбинированной системе позволяет соединить преимущества обоих типов систем и избавиться от их недостатков. Данный подход наиболее актуален при управлении расходованием топлива в кислородно-водородной двигательной установке. В этом случае при оценке производной запаса компонентов топлива по времени можно значительно снизить влияние на результат регулирования погрешностей измерения датчиками уровней

текущих запасов водорода, а также погрешностей расчётных зависимостей плотности водорода от температуры и давления.

Результатом использования комбинированной системы управления расходом топлива является снижение гарантийных запасов топлива, входящих в конечную массу разгонного блока.

Комбинированная СКУРТ разгонного блока КВТК состоит из следующих функциональных блоков:

1. Непрерывный измерительный тракт, включающий турбинные расходомеры и датчик температуры кислорода;

2. Дискретный измерительный тракт, включающий дискретные датчики уровней компонентов топлива;

3. Вычислительное устройство (бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ)), реализующее алгоритмы контроля уровня и управления расходом топлива и формирующее управляющий сигнал на исполнительный орган СКУРТ.

4. Исполнительный орган системы - регулятор соотношения секундных расходов окислителя и горючего.

Конструкция чувствительного элемента датчика уровня защищена патентом РФ № 2342640 (приоритет от 18.05.2007г.) [3]. Действие датчика основано на существенной разнице теплоёмкости жидкого топлива и парогазовой смеси в баке. Переход чувствительного элемента из жидкости в газовую полость сопровождается изменением его температуры и электрического сопротивления.

В комбинированной системе СКУРТ, использующей расходомерную и уровнемерную информации, имеется два контура управления [2]. Малый контур управления обеспечивает поддержание заданного соотношения секундных расходов компонентов топлива из баков на основе расходомерной информации. Требуемое соотношение рас-

ходов компонентов формируется в другом, внешнем контуре управления, на основе информации о запасах компонентов топлива, поступающей от дискретных датчиков уровней.

Предварительные результаты статистического моделирования показывают, что при переходе от автономной системы регулирования соотношения секундных расходов компонентов топлива (РСК) к комбинированной системе СКУРТ показатели точности по конечному рассогласованию (разности) относительных остатков компонентов могут быть улучшены с величины 1,8% до (0,2÷0,3)% от номинальных рабочих запасов топлива.

Библиографический список

1. Государственный космический научно-производственный Центр им. М.В. Хруничева [Электронный ресурс]: Официальный сайт / ГКНПЦ им. М.В. Хруничева. – 2005. – Электрон. дан. on-line. – Загл. с титул. экрана. URL: <http://www.khrunichev.ru> (Дата обращения 05.02.2011).

1. Вакушин, В.А. Особенности работы системы контроля и управления расходом топлива разгонного блока с водородной двигательной установкой / В.А. Вакушин, В.К. Завадский, В.П. Иванов В.П. [и др.] // Альтернативная энергетика и экология, №3(59), 2008. - С. 103-107.

2. Пат. 2342640 Российская Федерация, МПК G01F 23/00. Датчик контроля уровня жидкости [текст] / Вакушин В.А., Гончар И.И., Зубов И.Е., Казак А.В., Партола И.С., Семёнов Г.В., Шубарев В.А.; заявитель и патентообладатель ОАО «Авангард». - № 2007118588/28; заявл. 18.05.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36. – 6 с.: ил.: 3.