



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012157593/11, 27.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.12.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.07.2014 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 10.09.2014 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2454631 C1, 27.06.2012. RU 2348572
C1, 10.03.2009. DE 3417661 C, 17.12.1992. US
5054719 A1, 08.10.1991

Адрес для переписки:

141700, Московская обл., г. Долгопрудный,
Институтский пер., 9, Московский физико-
технический институт, ЦТТ

(72) Автор(ы):

Негодяев Сергей Серафимович (RU),
Автайкин Сергей Владимирович (RU),
Воронков Сергей Владимирович (RU),
Попов Леонид Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

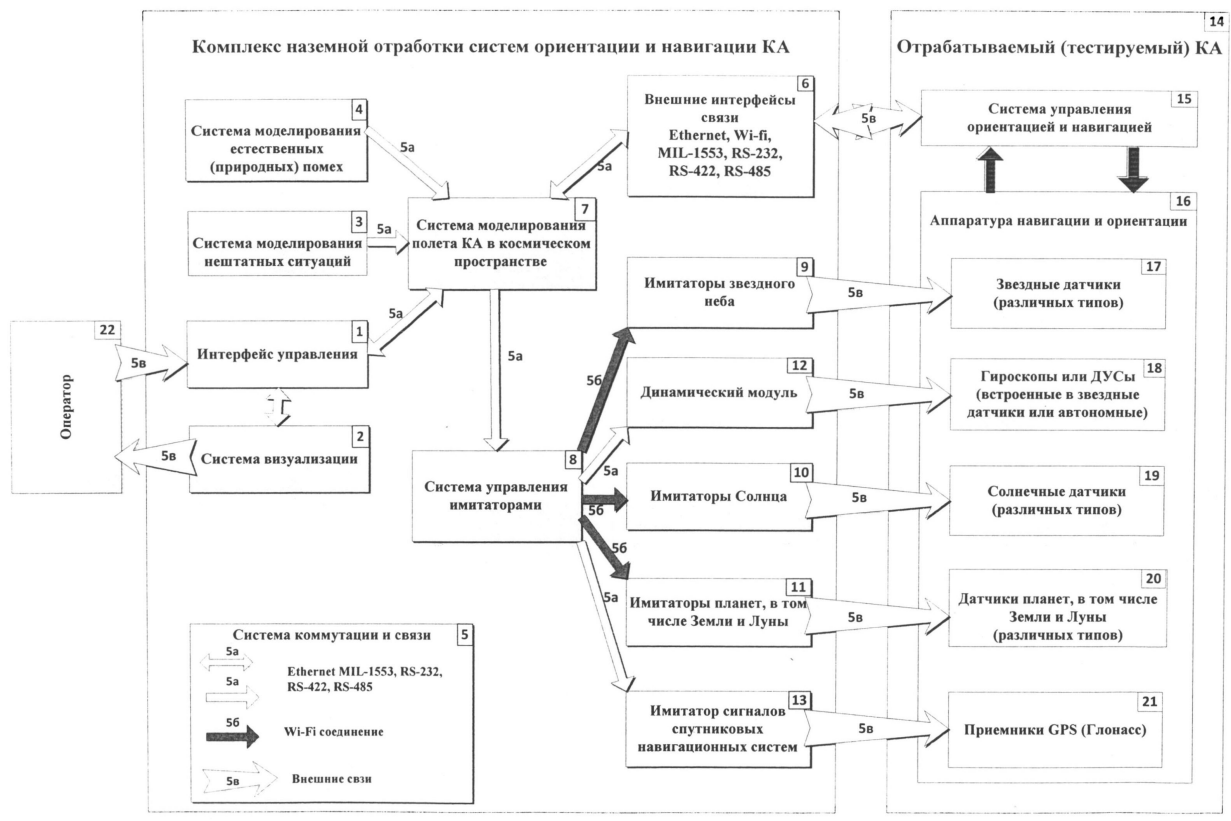
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский физико-технический институт
(государственный университет)" (RU)

(54) СПОСОБ НАЗЕМНОЙ ИМИТАЦИИ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В КОСМОСЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к космонавтике, а именно к способам имитации полета космических аппаратов (КА). Подготавливают аппаратные средства, моделируют орбитальное движение КА по предварительно заданному алгоритму и/или при приеме управляющих команд в режиме реального времени, моделируют движение небесной сферы в поле зрения каждого звёздного датчика по параметрам текущей ориентации КА с учетом динамики его движения, внешней среды, положения Солнца и Луны в инерциальной системе координат, моделируют появление нештатных ситуаций в работе бортовой

аппаратуры ориентации и навигации КА, осуществляют контроль реакции системы управления ориентацией и навигацией при нештатных ситуациях, имитируют солнечное излучение для астроориентации и создания боковой помехи в инфракрасном и видимом диапазонах, имитируют сигналы спутников ГЛОНАСС и/или GPS с учетом параметров орбитального движения КА, моделируют орбитальное движение КА по трем осям вращения. Изобретение позволяет повысить multifunctionality КА. 1 з.п. ф-лы, 1 ил., 2 табл.



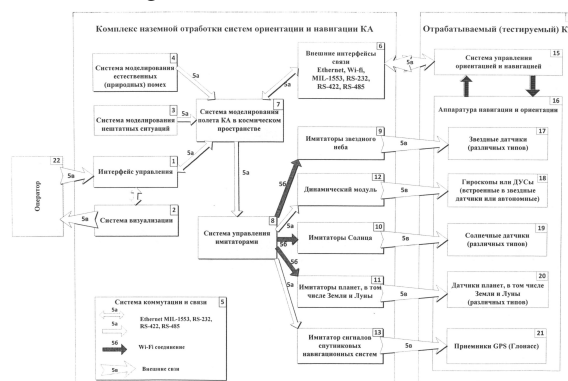
141700, Moskovskaja obl., g. Dolgoprudnyj,
Institutskij per., 9, Moskovskij fiziko-tekhnicheskij
institut. TsTT

Negodjaev Sergej Serafimovich (RU),
Avtajkin Sergej Vladimirovich (RU),
Voronkov Sergej Vladimirovich (RU),
Popov Leonid Leonidovich (RU)

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij
fiziko-tehnicheskij institut (gosudarstvennyj
universitet)" (RU)**

SUBSTANCE: invention relates to space exploration, particularly, to simulation of spacecraft flights. Hardware is prepared to simulate spacecraft orbital motion by preset algorithm and/or at receipt of control instructions in real-time mode. Coelosphere motion is simulated in the field of vision of every star sensor by parameters of spacecraft current orientation with allowance for dynamics of its motion, ambient medium, position of the Sun and the Moon in inertial system of coordinates. Occurrence of off-optimum situations in operation of onboard orientation and navigation hardware is simulated. Response of onboard orientation and navigation hardware control system under off-optimum situation is controlled. Solar radiation is simulated for star-tracking and generation of lateral interference in IR and visual bands.

2 cl, 1 dwg, 2 tbl



Изобретение относится к способам наземной отработки и тестирования приборов, аппаратуры и систем ориентации и навигации космического аппарата (КА).

В настоящее время существует проблема обеспечения в реальном времени и в глобальном масштабе максимально точных, непрерывных и прямых измерений таких навигационных переменных, которые могли бы непосредственно соответствовать переменным управления и способствовали бы синтезу алгоритмов управления и навигации в одной автономной системе управления КА.

Известен способ наземной отработки и тестирования приборов, аппаратуры и систем ориентации и навигации КА [1], при котором обеспечивается контроль работы функциональных элементов, находящихся на борту КА, обеспечивается прием от них ответных сигналов на пультах управления, где вычислительные машины и операторы анализируют поступающую информацию для выяснения степени готовности аппаратуры. Известный способ не обеспечивает имитацию полета КА при наземной отработке.

Известен способ тестирования приборов, аппаратуры и систем ориентации и навигации КА [2], состоящий из ориентации трех осей связанной системы координат КА в орбитальную систему координат, использующий информацию как приборов ориентации на Землю и на Солнце, так и информацию от других измерительных приборов. Однако данный способ не обеспечивает имитацию полета КА при наземной отработке.

Известен наземный способ имитации полета КА в космосе [3], состоящий из моделирования полета КА по заданной орбите, управления моделированием орбитального движения КА относительно инерциальной системы координат, астроориентации по звездному датчику и имитации солнечного излучения. Однако, предложенный способ имитации звездного неба обладает недостаточной функциональностью и недостаточной точностью и требует больших временных затрат.

Наиболее близким является способ наземной имитации полета космического аппарата (КА) в космосе [4], состоящий из подготовки аппаратных средств и моделирования орбитального движения КА по предварительно заданному алгоритму и/или при приеме управляющих команд в режиме реального времени, моделирования движения небесной сферы в поле зрения каждого звездного датчика посредством отображения на экране жидкокристаллических мониторов конфигурации звезд, которая соответствует текущей ориентации КА с учетом динамики его движения и параметров внешней среды, а также положения Солнца и Луны в инерциальной системе координат. Однако в известном способе реализуется имитация условий для наземной отработки отдельных элементов системы управления, а не комплексную отработку элементов системы управления ориентацией и навигацией КА.

Задачей технического решения является выбор условий управления, позволяющих проводить комплексную отработку элементов системы управления ориентацией и навигацией КА как по предварительно заданным алгоритмам, так и в режиме реального времени.

Технический результат состоит в том, что заявленный способ позволяет расширить диапазон задач, решаемых при комплексной наземной отработке системы управления ориентацией и навигацией КА, путем использования большого количества имитаторов и более сложного алгоритма управления ими. При этом достигается уменьшение временных затрат при проведении наземной отработки.

Поставленная задача решается следующим образом. При применении известного способа, состоящего из подготовки аппаратных средств и моделирования орбитального движения КА по предварительно заданному алгоритму и/или при приеме управляющих

команд в режиме реального времени, моделирования движения небесной сферы в поле зрения каждого звездного датчика посредством отображения на экране жидкокристаллических мониторов конфигурации звезд, которая соответствует текущей ориентации КА с учетом динамики его движения и параметров внешней среды, а также положения Солнца и Луны в инерциальной системе координат, согласно изобретению моделируют появление нештатных ситуаций в работе бортовой аппаратуры ориентации и навигации КА и осуществляют контроль реакции системы управления ориентацией и навигацией при нештатных ситуациях, имитацию солнечного излучения осуществляют для астроориентации и для создания боковой помехи в инфракрасном и видимом диапазонах, а для астроориентации осуществляют имитацию движения планет и Земли, кроме того, имитируют сигналы спутников Глонасс и/или GPS с учетом параметров орбитального движения КА и моделируют орбитальное движение КА по трем осям вращения.

Кроме того, для повышения надежности при подготовке аппаратных средств и моделирования орбитального движения КА связь с его звездными и солнечными датчиками, а также с датчиками планет, Солнца и Луны осуществляется опτικο-механически, с гироскопами механически, а с приемниками Глонасс и/или GPS по радиоканалу.

По совокупности всех признаков данное техническое решение обеспечивает максимальный объем наземных проверок как отдельных подсистем системы ориентации и навигации КА, так и их взаимодействие в комплексе.

Техническая сущность предложенного решения поясняется чертежом, где представлена структурная схема комплекса наземной отработки ориентации и навигации КА с изображением функциональных связей управления в процессе осуществления предложенного способа, где интерфейс управления - 1, система визуализации - 2, система моделирования нештатных ситуаций - 3, система моделирования естественных (природных) помех - 4, система коммутации и связи - 5, причем соединение типа Ethernet, MIL или RS - 5а, соединение типа Wi-Fi - 5б, внешние связи - 5в, внешние интерфейсы связи - 6, система моделирования полета КА в космическом пространстве - 7, система управления имитаторами - 8, имитаторы звездного неба - 9, имитаторы Солнца - 10, имитаторы планет, в том числе Земли и Луны - 11, динамический модуль - 12, имитатор сигналов спутниковых навигационных систем - 13. Через внешние связи 5в комплекс наземной отработки систем ориентации и навигации КА связан с тестируемым КА - 14, который состоит из системы управления ориентацией и навигацией - 15, связанной с аппаратурой навигации и ориентации - 16, а именно со звездными датчиками - 17, гироскопами - 18, солнечными датчиками - 19, датчиками планет (в том числе Земли и Луны) - 20, приемниками Глонасс и/или GPS - 21. Всем комплексом управляет оператор 22, или управление осуществляется автоматически.

Пример конкретного выполнения моделирования движения звезд в поле зрения звездного датчика на имитаторе звездного неба

В программном обеспечении имитатора задаются оператором (или передаются по локальной сети с удаленного компьютера) основные параметры, обуславливаемые аппаратным составом имитатора: разрешение экрана, размер пикселя экрана, фокусное расстояние коллиматора, частота обновления изображения и т.п. (Таблица 1). Далее задаются основные параметры моделирования: звездный каталог, параметры внешней среды (уровень засветки, плотность потока заряженных частиц), данные об ориентации системы координат звездного датчика относительно системы координат КА (Таблица 2). Выбирается способ моделирования: расчет орбитального движения на основе

предварительно заданных оператором начальных параметров моделирования или же передача параметров орбитального движения по локальной сети от удаленного компьютера с заданной частотой. После задания всех исходных данных происходит запуск процедуры моделирования, в ходе которой рассчитывается ориентация системы координат звездного датчика относительно осей инерциальной системы координат, связанной со звездами, выделяется участок небесной сферы, соответствующий рассчитанной ориентации, формируется на экране имитатора изображение, содержащее звезды из выбранного участка, объекты, вносящие помехи, фоновую засветку и т.п. Данная процедура повторяется циклически с заданным темпом обновления.

10	Таблица 1	
	Параметр	Значение
	Разрешение экрана, пкс	1024×600
	Размер пикселя экрана, мкм	96
	Фокусное расстояние коллиматора, мм	159
15	Частота обновления изображения, Гц	10

	Таблица 2	
	Параметр	Значение
	Звездный каталог:	
	Число звезд	26500
20	Звездные величины	+1...+7
	Уровень засветки, градации серого цвета	0...255
	Плотность потока заряженных частиц, частиц/см	0...100000
	Матрица перехода от СК звездного датчика к СК КА	Например, единичная

Способ наземной отработки систем ориентации и навигации КА позволяет в режиме реального времени:

- имитировать орбитальное движение космического аппарата;
- моделировать воздействие внешних условий космического пространства на бортовую аппаратуру ориентации и навигации;
- проверять работу бортовой аппаратуры ориентации и навигации, как в автономном, так и в комплексном режимах;
- проводить отработку программно-алгоритмического обеспечения бортовой аппаратуры ориентации и навигации КА;
- моделировать наступление нештатных ситуаций в работе бортовой аппаратуры ориентации и навигации КА и разрабатывать методы преодоления подобных ситуаций;
- контроль реакции системы на нештатные ситуации.

Литература

1. Патент РФ №2245825, МКИ В64G 5/00 от 10.02.2005. «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОТРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВЕРОК И ПОДГОТОВКИ К ПУСКУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»
2. Авторское свидетельство СССР №1655842, кл. В64G 1/00 от 02.12.1988. Космический аппарат с пассивной системой ориентации и стабилизации.
3. Заявка на изобретение США №2009/0222153 от 03.09.2009. «Способ и устройство для определения и контроля положения вращающегося искусственного спутника относительно инерциальной системы координат».
4. С.В. Воронков, Б.С. Дунаев, А.В. Никитин, В.А. Шамис. Средства наземной отладки астроприборов в составе комплексных стендов. // Вторая Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы ориентации и навигации космических аппаратов», Таруса 13-16 сентября 2010 г. Сборник трудов ИКИ РАН под редакцией Г.А. АВАНЕСОВА «МЕХАНИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАТИКА», Москва,

2011 г.

Формула изобретения

1. Способ наземной имитации полёта космического аппарата (КА) в космосе, состоящий из подготовки аппаратных средств и моделирования орбитального движения КА по предварительно заданному алгоритму и/или при приеме управляющих команд в режиме реального времени, моделирования движения небесной сферы в поле зрения каждого звёздного датчика посредством отображения на экране мониторов конфигурации звезд, которая соответствует текущей ориентации КА с учетом динамики его движения и параметров внешней среды, а также положения Солнца и Луны в инерциальной системе координат, отличающийся тем, что моделируют появление нештатных ситуаций в работе бортовой аппаратуры ориентации и навигации КА и осуществляют контроль реакции системы управления ориентацией и навигацией при нештатных ситуациях, имитацию солнечного излучения осуществляют для астроориентации и для создания боковой помехи в инфракрасном и видимом диапазонах, а для астроориентации осуществляют имитацию движения планет и Земли, кроме того, имитируют сигналы спутников ГЛОНАСС и/или GPS с учетом параметров орбитального движения КА и моделируют орбитальное движение КА по трем осям вращения.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что при подготовке аппаратных средств и моделирования орбитального движения КА связь с его звёздными и солнечными датчиками, а также с датчиками планет, Солнца и Луны осуществляется оптико-механически, с гироскопами механически, а с приёмниками ГЛОНАСС и/или GPS по радиоканалу.