

Челпанов Игорь Борисович

Chelpanov Igor Borisovich

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

St.-Petersburg state polytechnical university

Профессор / professor

Доктор технических наук / профессор

E-Mail: igorchelp@yandex.ru

Евстифеев Михаил Илларионович

Evstifeev Mikhail Illarionovich

ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»

JSC Kontsern Central Research Institute Elektropribor

Начальник отдела / Head of department

Доктор технических наук / доцент

E-Mail: mevstifeev@eprib.ru

Кочетков Андрей Викторович

Kochetkov Andrey Viktorovich

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm national research polytechnical university

Профессор / professor

Доктор технических наук

E-Mail: soni.81@mail.ru

05.02.05 - Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Методы классификации микромеханических приборов

Methods of classification of micromechanical devices

Аннотация: Предлагается методический подход составления классификационной формулы микромеханического датчика, основанный на фасетных признаках.

The Abstract: Methodical approach of drawing up a classification formula of the micromechanical sensor, based on facet signs is offered.

Ключевые слова: Датчики, преобразователь, классификация, микромеханический датчик, гироскоп.

Keywords: Sensors, converter, classification, micromechanical sensor, gyroscope.

Введение

Проблематика и комплекс вопросов испытаний автономных датчиков навигационных приборов, комплексов и систем, в первую очередь гироскопов, как *датчиков угловой скорости (ДУС)*, а также акселерометров, измеряющих составляющие гравитационного и линейного ускорения имеют актуальное значение.

Основное внимание уделяется датчикам, получившим в последние годы самое широкое распространение, имеющим относительно невысокие показатели точности, но имеющие малые массы, габаритные размеры.

Такие датчики именуется по принципу действия микромеханическими, микроэлектронномеханическими или микроэлектромеханическими (iMEMS: integrated Micro Electro Mechanical system), их чувствительные элементы которых изготавливаются методами, используемыми в современной микроэлектронике, эти датчики в комплекте с электроникой довольно дешевы и поэтому получают все более широкое распространение.

Общим для ДУС и акселерометров является то, что эти датчики являются автономными, их принцип действия основывается на использовании в своих чувствительных элементах сил инерции, возникающих при абсолютных ускорениях; поэтому эти датчики часто называют инерциальными.

Имеющие подвижные части чувствительные элементы *микромеханических гироскопов (ММГ)* и *микромеханических акселерометров (ММА)* изготавливаются зацело, без сборочных операций по планарным технологиям на пластинах кремния нанесением покрытий по маскам с последующим травлением [1-4].

Постановка задачи

В качестве основных для построения классификационных схем микромеханических датчиков предлагается следующая система пяти классификационных признаков [4].

Признак схемы построения датчика

Первым из основных классификационных признаков конструкций ММГ является принцип построения схемы измерителя (рис.1).

Схема измерительного устройства может быть статической (без вынужденных дополнительных движений инерционного тела относительно основания), либо модуляционной (инерционное тело подвергается принудительному вращению или колебаниям для создания модуляции измеряемой величины).

Измерительное устройство может иметь от одной до трех ортогональных измерительных осей.



Рис. 1. Принцип построения схемы измерителя

Классификационный признак инерционного тела характеризует такие особенности приборов как количество степеней свободы движения инерционного тела; тип основного движения инерционного тела по измерительной оси; конструктивные особенности

инерционного тела и количество инерционных тел (рис.1). Ряд конструкций содержит несколько инерционных тел.

Конструктивно-технологический признак инерционного тела.

Инерционное тело или тела могут совершать поступательные, вращательные или комбинированные движения. Поэтому производится условное разделение (рис.2) на схемы ММГ с поступательными движениями по координате возбуждения и измерения (так называемые LL – гироскопы, linear - linear), с угловыми движениями по обеим координатам (RR – гироскопы, rotate - rotate) и с различными комбинациями поступательных и угловых движений (LR – гироскопы).

Подкласс материалов важен для установления технологических аспектов изготовления.



Рис. 2. Схемы ММГ с различными видами движений

Признак вида подвеса инерционного тела датчика

В ММГ используются упругие, магнитные, электростатические подвесы. На рис.3 приведена классификационная схема подвесов инерционного тела.

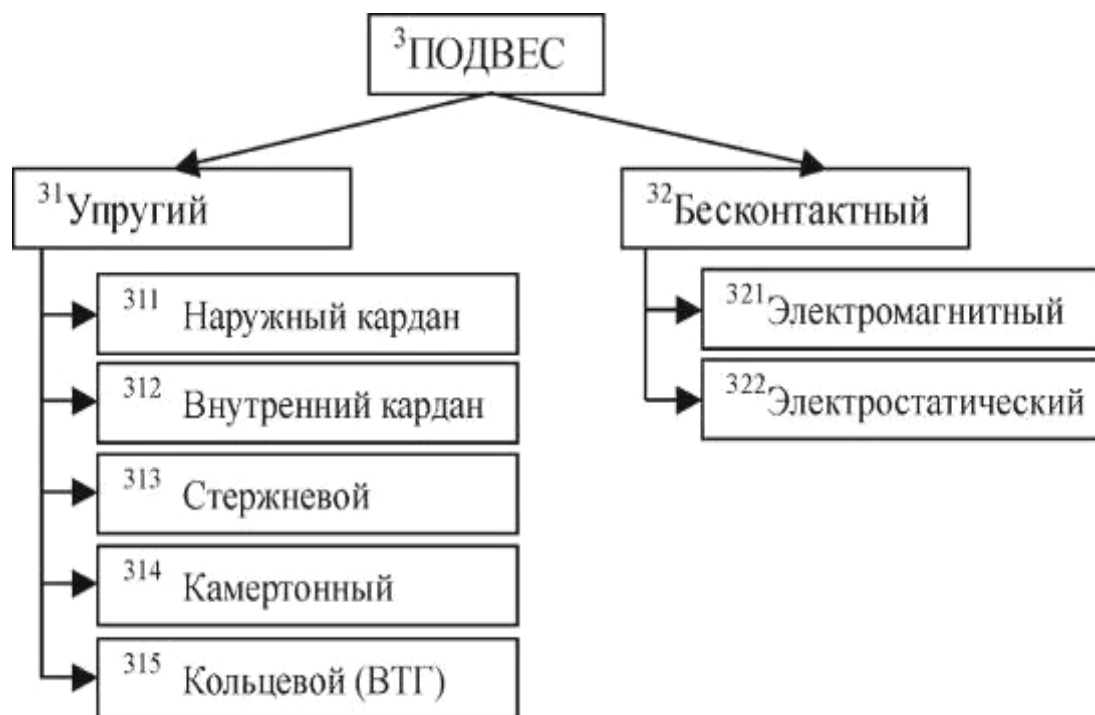


Рис. 3. Классификационная схема подвесов инерционного тела

Признак принципа действия силовых или индикаторных устройств.

Одним из существенных классификационных признаков является принцип построения силовых и индикаторных устройств. Классификационный признак силовых и индикаторных устройств представлен на рис.4.



Рис. 4. Классификационный признак силовых и индикаторных устройств

Признак используемых средств повышения точности

Дополнительные средства, указывающие на различия конструктивного исполнения и применение систем и устройств, обеспечивающих нормальные условия работы и повышение точности измерения полезной информации, представляются классификационным признаком систем повышения точности (рис.5).



Рис. 5. Классификационным признаком систем повышения точности

В этом признаке представлены: системы герметичности, обеспечивающие устранения газовых потоков; системы защиты от внешних воздействий (амортизации, пространственной стабилизации, электромагнитного экранирования); системы терморегулирования, обеспечивающие определенную рабочую температуру прибора (нормальную или криогенную) и термостабилизацию объема конструкции.

В зависимости от решаемых задач и построения систем управления прибором системы амортизации, пространственной стабилизации, терморегулирования могут быть выполнены активными, пассивными или комбинированными.

Формирование классификационной формулы

Соединение различных признаков может быть выполнено по правилам фасетной классификации [4].

Классификационная формула составляется по принципу перечисления цифровых кодов классификационных признаков, в формуле они разделяются знаком &. При одновременном присутствии в конкретном ММГ нескольких вариантов признаков они приводятся подряд и разделяются двоеточием (:). Пример. Обозначение микромеханического гироскопа согласно указанным классификационным признакам

121.1&122.2&131:211&222&231&242.2:311:411&421:511.1&531.1

Расшифровка этой формулы означает – одноосный микромеханический гироскоп модуляционного типа с резонансной настройкой в режиме колебаний; инерционное тело выполнено монолитным из кремния, имеет вращательные степени свободы и состоит из одного тела, подвешенного на контактном упругом подвесе; силовое и индикаторное устройства выполнены электрическими; в приборе предусмотрено вакуумирование без насоса; прибор работает при нормальной температуре.

Выводы

Предлагается методический подход составления классификационной формулы микромеханического датчика, основанный на фасетных признаках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евстифеев М.И. Теория и методы расчета упругих подвесов инерциальных чувствительных элементов приборов навигации. Докторская диссертация. - СПб: ЦНИИЭлектроприбор, 2007.
2. Челпанов И.Б. Автоматические технологические машины и оборудование. Испытания машин. СПб, изд. СПбГПУ, 2008. - 296 с.
3. Евстифеев М.И., Розенцвейн Д.В., Челпанов И.Б. Анализ прочности упругих подвесов микромеханических гироскопов // Гироскопия и навигация. – 2009. – №.3 – С.22-34.
4. Евстифеев М.И., Степанов О.А., Челпанов И.Б. Испытания микромеханических приборов. Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Издательство ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». 2013. - 210 с.

Рецензент: Овчинников Игорь Георгиевич, профессор, доктор технических наук, заместитель руководителя Поволжского отделения Российской академии транспорта.