

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ**

*Туктаров М.В., Голомазов Е.Г.  
КГТУ им. И. Раззакова*

*E-Mail: tuktarovmixx@gmail.com, E-mail: exodus\_09@mail.ru*

*В данной статье рассматриваются особенности проектирования системы пространственной стабилизации, позволяющей сохранять горизонтальное положение подключенных к ней устройств, применяемых в различных сферах жизнедеятельности.*

*In given article features of designing of system of the spatial stabilisation are considered, allowing to keep horizontal position of the devices connected to it applied in various spheres.*

Системы пространственной стабилизации – это системы позволяющие сохранять горизонтальное положение подключенных к ним устройств.

Системы пространственной стабилизации можно разделить на аналоговые, цифровые и цифроаналоговые.

Аналоговые представляют собой механические системы с вращающимся диском. Центробежная сила этого диска заставляет всю механическую систему поддерживать горизонтальное положение вне зависимости от наклона конечного устройства. Аналоговые системы пространственной стабилизации имеют большие размеры и большое влияние на рядом расположенные устройства или механизмы, так как привод диска, обеспечивающего поддержание горизонтального

положения, имеет большой инерциальный момент и должен иметь постоянную большую скорость вращения. Прямой пример простой аналоговой системы пространственной стабилизации – волчок. Аналоговые системы предназначались для стабилизации студийных кинокамер при съемке сцен вне павильона, так как вне съемочного павильона было сложно проложить рельсы для тележки с кинокамерой. В военной промышленности такие системы использовались для стабилизации прицеливания пулеметов вертолетов Апач и прочих. До сих пор аналоговые системы используются в авиации, только в роли исполняющего механизма находится пилот, который согласно показаниям креномеров управляет самолетом или вертолетом.

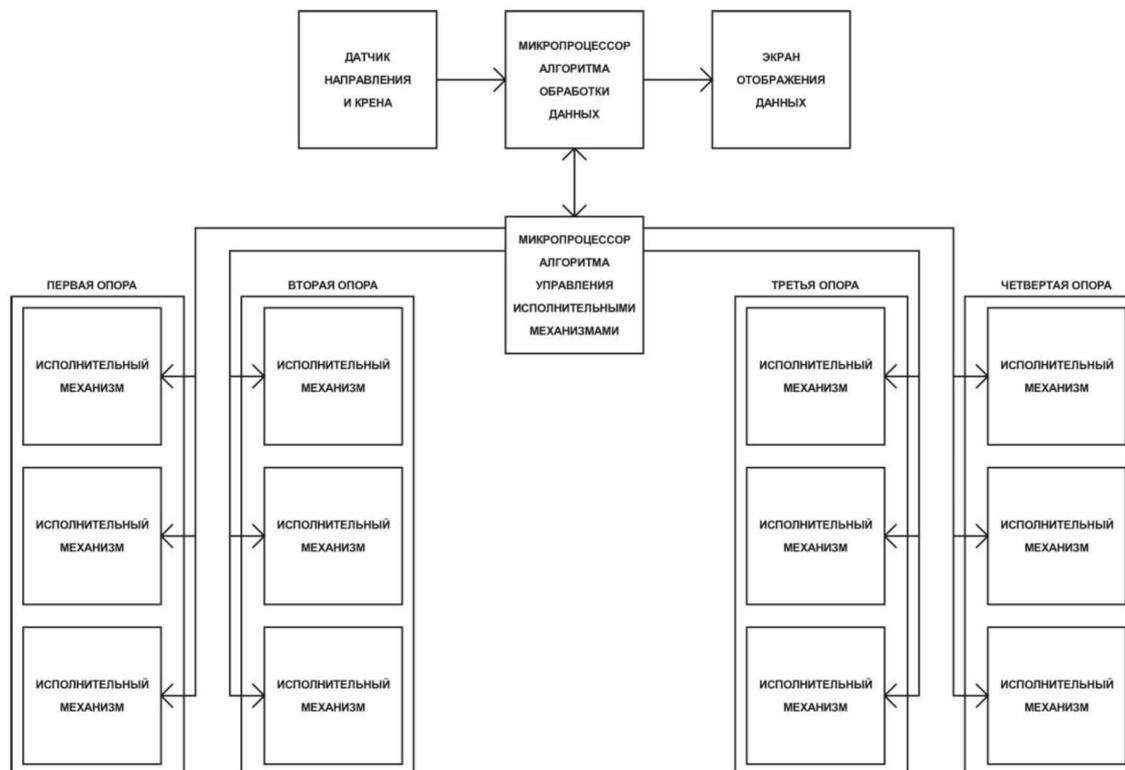


Рис. 1.

Цифроаналоговые системы стабилизации состоят из уменьшенной механической системы стабилизации и датчиков, которые фиксируют положение механической части относительно поверхности земли, после чего передают эти значения на устройства, стабилизирующие все конечное устройство в пространстве. В основе цифроаналоговых систем лежит уменьшенная копия вращающегося диска, из-за этого такой датчик имеет размеры - чуть меньше спичечного коробка. Такие системы до сих пор применяются в гражданской и военной авиации в качестве указателей крена фюзеляжа и для автопилотов гражданской авиации. Так же цифроаналоговые системы пространственной стабилизации применяются радио моделистами в моделях самолетов и вертолетов в качестве помощников пилота, обеспечивая более простое и плавное управление.

Цифровые системы стабилизации состоят из миниатюрного датчика, процессора и исполняющих механизмов (Рис. 1). В основе цифрового датчика находится ртутный трехосевой резистор и трехосевой магнитный резистор, что в совокупности дает шестиосевой магнитный компас, значения которого оцифровываются и передаются на управляющий микропроцессор. Микропроцессор, обрабатывая данные с датчика, принимает решения согласно заложенной программе и управляет механизмами стабилизации.

Цифровой датчик крена мал в размерах, так же как и микропроцессор, что позволяет применять такие системы повсеместно: цифровые строительные уровни, промышленные роботы, «умные» сотовые телефоны. В качестве механизмов стабилизации вполне могут выступать различные по размеру, массе и усилию радиомодельные сервоприводы или шаговые сервоприводы, соединив которые вместе, вполне можно составить самостабилизирующуюся четырехопорную конструкцию с тремя степенями свободы для одной опоры.

Такое четырехопорное шасси позволит не только компенсировать крен всей системы, но и поворот относительно магнитного полюса планеты. Таким образом, любое отклонение от горизонтального положения всей системы, будет компенсировано изменением геометрии опор. Причем вне зависимости от конечного использования такой системы, она будет способна найти свою «точку опоры» с большой точностью, благодаря универсальности своей конструкции.

Цель создания такой системы может варьироваться от простого развлечения, до настройки высокоточных приборов для проведения измерений формы геофизических скважин. Для настройки геофизических скважин потребуется использовать не только способность такой системы к самостабилизации в пространстве, но и ее возможность к перемещению в пространстве. Таким образом, данная система способна с мини-

мальным усилием со стороны оператора произвести настройку оборудования в краткие сроки.

Однако, программирование алгоритмов самостабилизации таит в себе малые, но значимые особенности. Это и общая инерционность исполняющих механизмов, которая создает временную задержку точности измерений встроенного компаса после сдвига в пространстве, и погрешности при настройке встроенного компаса относительно географического местоположения, которое влияет на показания магнитного резистора датчика.

Процесс самостабилизации заключается в противонаклоне опорной базы системы относительно показаний ртутного резистора. При этом наклон сразу по двум осям X и Y в положительную сторону даст сигнал к изменению геометрии опор 1, 2 и 3. Что позволит сохранить первоначальное расстояние от основания опорной базы до поверхности, на которой находится система. Если бы алгоритм предусматривал изменение геометрии опоры номер 4, то тогда бы вся система постепенно снижала свой клиренс относительно поверхности.

Еще один значимый момент состоит в материалах опорной базы. Опоры не должны гнуться в незаложенных направлениях. Для этого предполагается использовать стеклотекстолит или карбон. Этот материал легок и прочен, что позволит снизить нагрузку на исполняющие сервоприводы и стабилизатор напряжения системы.

Сам стабилизатор играет важную роль обеспечения достаточным током всех исполняющих сервоприводов. Если он не будет способен питать одновременно двенадцать исполняющих механизмов, то вся система пространственной стабилизации будет нарушена. Сервоприводы не будут способны выполнять команду управляющего микроконтроллера.

Стабилизация системы в пространстве алгоритмически выглядит следующим образом:

1. Микропроцессор алгоритма обработки данных пересылает на микропроцессор алгоритма управления исполнительными механизмами данные об углах крена, тангажа и азимута всей системы. При этом углы крена и тангажа передаются с инверсией знака.
2. Микропроцессор алгоритма управления формирует углы склонения всех четырех опор относительно знака углов крена и тангажа. Передача углов со знаком очень важна для стабилизации, так как позволяет сформировать общий вектор склонения опоры относительно ее центральной оси.

Тем не менее, за кажущейся простотой реализации алгоритма кроется интересная проблема. Для формирования общего вектора склонения всей платформы требуется разработать алгоритм, который бы позволял изменять форму опор отдельно, но одновременно с тем и ком-

плексно. К примеру, устранение только крена, или только тангажа достаточно просто – нам надо изменить геометрию платформы изгибом либо двух передних или задних опор, либо изменить геометрию двух левых или правых опор. То есть выполнить противокрен слева направо или противотангаж сверху вниз. А вот для устранения отклонения от горизонтали сразу по двум углам нам нужно наложить противокрен на противотангаж, что не может быть реализовано последовательно. При наложении противокрена на противотангаж возникает пограничное состояние, при котором исполняющие механизмы будут пытаться занять сразу два угла, в результате получим только «дрожание» всей системы.

В конечном результате такая система самостабилизации будет работать в ортогональной системе координат. Наложение крена на тангаж даст угол зенита. А данные об азимутальном угле позволят системе выправлять свое направление с достаточной точностью на магнитный север.

Предполагается, что в микропроцессоре сбора данных будет программа, стабилизирующая показания азимутального угла относительно крена и тангажа. Согласно документации на примененный датчик, погрешность вычисления азимутального угла составляет 2 градуса. В текущий момент уже имеется такой код, который позволяет реализовать стабилизацию азимутального угла до 55 градусов зенитного угла с точностью до 4 градусов. Эмпирически проверено, что выше 55 градусов погрешность растет от 4 до 8 градусов, и после 70 возвращается к 4 градусам. Упоминание об этой особенности потребовалось вот к чему. В

какой-то момент сбой, произошедший по непонятным причинам, выведет систему ненадолго из строя. Микропроцессоры восстановятся по переполнению сторожевого таймера, но в это время опоры могут изменить свою геометрию. Изменить ее до критического уровня. В этот момент и пригодится программа внутри микропроцессора сбора данных, которая выдаст точные данные относительно текущих ортогональных координат, причем независимо от текущей геометрии опор.

### Литература

1. Сташин В.В. Урусов А.В. Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на МК. –Москва: Додека. 2002, 356 с.
2. Фрунзе. Микроконтроллеры это же просто. Том1. –Москва: Додека. 2000, 244 с.
3. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. МК-Пресс, Киев, 2006.
4. Применение микроконтроллеров AVR. Схемы, алгоритмы, программы (Баранов В.Н.). МК-Пресс, Киев, 1998.
5. <http://atmel.com/dyn/resources/datasheets/atmega128.pdf>
6. <http://www.dalsemi.com/>
7. [http://www.ibutton.ru/pdf/Dallas\\_Sem/sensor/pdf](http://www.ibutton.ru/pdf/Dallas_Sem/sensor/pdf)
8. <http://www.mayak-bit.narod.ru/index.html>
9. <http://www.compitech.ru/html.cgi/rubrikator/obor.htm>