

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРЁХОСЕВОВОГО СТАБИЛИЗАТОРА

В работе приводится описание основных элементов систем управления трёхосевого стабилизатора.

ВВЕДЕНИЕ

При использовании камер наблюдения и наведения могут возникнуть проблемы с качеством изображения, в связи с тряской и нестабильностью камеры. Целью работы является анализ системы управления стабилизатора, способного удерживать камеру в неподвижном состоянии по трём осям независимо от движения техники.

I. ГИРОСКОП

Гироскоп – устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчёта.

Конструктивно гироскоп имеет два основных блока: кристалл измерительного элемента и кристалл обрабатывающей микросхемы. Измерительный элемент производится по технологии микрообработки и представляет собой колеблющуюся поликремниевую массу, нанесенную на пластину в условиях вакуума с осью чувствительности, находящейся в плоскости кристалла. Угловая скорость в плоскости кристалла определяется по емкостным параметрам, как и в механическом гироскопе. Под воздействием электростатической силы поликремниевая масса приводится во вращательные колебания вокруг своей центральной точки. Управляющее колебание стабилизируется электроникой микросхемы. Благодаря симметрии измерительного элемента и только одной центральной точки подвеса, датчик малочувствителен к поступательному ускорению.

Благодаря сохранению углового момента, угловая скорость в плоскости кристалла вызывает ударные ускорения в полимерной массе, которые находятся уже в другой плоскости. Встроенные электроды определяют емкостные параметры этих внеплоскостных ускорений.

Прибор, предназначенный для измерения угла наклона различных объектов относительно плоскости горизонта (инклинометр) может быть сконструирован либо с помощью гироскопа, либо с помощью акселерометра. В случае использования MEMS гироскопа, угол наклона устройства вычисляется с помощью дискретного интегрирования скорости его вращения [1].

II. АКСЕЛЕРОМЕТР

Акселерометр — это прибор, позволяющий измерять проекцию ускорения на ось чувстви-

тельности. Схематически, этот прибор можно изобразить в виде массивного тела, которое способно передвигаться вдоль некоторой оси и соединено с корпусом пружинами. Смещение тела относительно центра оси можно измерить с помощью механической стрелки, как показано на рисунке.

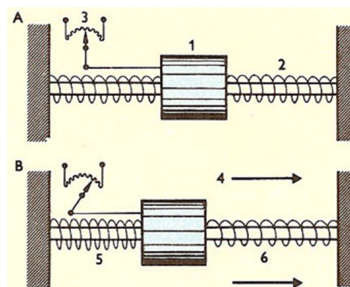


Рис. 1 – Схема простейшего акселерометра

В состоянии покоя тело находится на равном удалении от стенок прибора и стрелка указывает на середину шкалы. Если весь прибор толкнуть вправо (кадр В), то груз сместится по оси влево до момента, когда сила растянутой пружины уравнивает внешнюю силу. В этот момент, стрелка повернется и укажет на некоторое значение на шкале. Чем больше внешняя сила, тем дальше смещается груз, тем большее значение показывает стрелка. Когда сила перестанет действовать на тело, груз вернется на прежнее положение и прибор покажет на нулевое значение шкалы.

С помощью этого датчика тоже можно вычислить углы наклона тела относительно плоскости горизонта. В частности, угол наклона оси тела относительно плоскости горизонта X рассчитывается по формуле:

$$\alpha = 90 - \arccos(a_x).$$

Здесь a_x — это проекция ускорения свободного падения на ось акселерометра X .

Именно это значение возвращает нам датчик. Важно помнить, что величина a_x должна измеряться в единицах земной гравитации. К примеру, если датчик повернуть осью Y вертикально, то a_x будет равен единице [2].

III. ТРЁХОСЕВОЙ ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ КАРДАНОВ ПОДВЕС

Карданов подвес — универсальная шарнирная опора, позволяющая закреплённому в ней объекту вращаться одновременно в нескольких

плоскостях. Главным свойством карданова подвеса является то, что если в него закрепить вращающееся тело, то оно в большинстве ситуаций будет сохранять направление оси вращения независимо от ориентации самого подвеса. Это свойство нашло применение в гироскопах, применяющихся в авиации.

Трехосевые гиросtabilизаторы чаще называют гиросtabilизированными платформами (ГСП). Следуя принципу силовой гироскопической стабилизации, легко предположить, что трехосевая ГСП должна иметь три оси стабилизации и соответственно один трехосевой гироскоп.

Кинематическая схема простейшей ГСП, имеющей три канала стабилизации, состоит из: платформы (1), подвешенной в кардановом подвесе, состоящей из (5) внутренней, (6) дополнительной и (7) внешней рамок, на которой расположены (8) демпферы. На платформе размещен один гироскоп (3) и один акселерометр (2), обеспечивающие соответственно стабилизацию вокруг осей X, Y, Z и управление двигателями стабилизации ДСх, ДСу и ДСz.

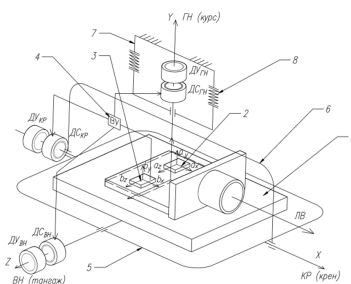


Рис. 2 – Кинематическая схема индикаторного ГС

К индикаторным ГС относят такие, в которых возмущающие моменты, действующие по осям стабилизации, компенсируются только стабилизирующим двигателем (ДС). Гироскопические моменты гироскопов, противодействующие возмущающим, либо отсутствуют, либо настолько малы, что ими можно пренебречь. В индикаторных ГС процесс стабилизации обеспечивается за счет моментов, развиваемых стабилизирующими двигателями. Гироскопические элементы выполняют роль индикаторов отклонения платформы. Сигналы с гироскопов через выходное устройство (4) поступают на ДС. В соответствии с типом чувствительного элемента управление стабилизирующими двигателями осуществляется по углу стабилизации, по угловой скорости изменения угла стабилизации и по интегралу изменения угла стабилизации. Далее ДС, вращая

платформу каждый вокруг своей оси, приводят ее в согласованное с гироскопами угловое положение.

Гироскопические моменты гироскопов, противодействующие возмущающим, либо отсутствуют, либо настолько малы, что ими можно пренебречь. В качестве гироскопических чувствительных элементов в индикаторных ГС применяются микромеханические гироскопы.

Система координат — комплекс определенных, реализующий метод координат, то есть способ определять положение и перемещение точки или тела с помощью чисел или других символов. Различают инерциальную и связанную системы координат.

Связанная система координат (OXYZ) — подвижная система координат, ось OX которой расположена в плоскости симметрии летательного аппарата или параллельно ей, если начало координат O помещено вне плоскости симметрии, и направлена вперёд от хвостовой к носовой части летательного аппарата. Ось OX называют продольной осью летательного аппарата. Направление её может быть различным: по оси фюзеляжа, по главным осям инерции летательного аппарата (выбор оси OX должен указываться). Ось OY расположена в той же плоскости, что и ось OX, и направлена к верхней части летательного аппарата. Её называют нормальной (вертикальной) осью летательного аппарата. Ось OZ — поперечная ось — направлена к правой части летательного аппарата, если смотреть вперёд по оси OX.

Связанная система координат наиболее часто употребляется для описания движения летательного аппарата в лётных испытаниях и в других исследованиях, где необходимо использовать данные измерительной аппаратуры или сигналы датчиков летательного аппарата, получаемых в связанной системе координат [2–3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье были рассмотрены основные элементы системы управления трёхосевого стабилизатора. Описаны принципы работы гироскопа, акселерометра и трёхосевого карданова подвеса.

1. Лысов, А. Н. Теория гироскопических стабилизаторов. / А. Н. Лысов, А. А. Лысова, Челябинск 2009 – 117с.
2. Андрей Еманов. Инерциальные датчики STMicroelectronics//Новости электроники № 8, 2008 год .
3. Ю.С. Александров.Гироскопические приборы и устройства навигационных систем// 2008.

Корнилов Андрей Андреевич, студент кафедры теоретических основ электротехники БГУИР, andryushka.kornilov.2017@mail.ru.

Научный руководитель: Шабанович Роман Александрович, ассистент кафедры систем управления БГУИР, аспирант, r.shabanovich@bsuir.by.