

АНАЛИЗ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА КРЕНА ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Каликанов А.В. (Тульский государственный университет)
Научный руководитель- к.т.н, доцент Погорелов М.Г.

В работе приводится анализ двух типов гироскопических приборов (на базе трехстепенного гироскопа и волнового твердотельного гироскопа), предназначенных для измерения угла крена подвижного объекта, по массогабаритным и точностным характеристикам, а также описываются аспекты и перспективы их применения.

Для ряда подвижных объектов, обладающих малым временем полета (исчисляется минутами), важным параметром управления движением является угол крена (в соответствии с ГОСТ 20058-80). Данная задача успешно решалась, начиная с 60-х годов XX века при помощи трехстепенного астатического гироскопа. Принцип работы трехстепенного гироскопа базируется на теоретическом положении Л. Эйлера о том, что быстровращающееся тело, имеющее неподвижную точку и не подверженное влиянию моментов внешних сил, сохраняет в абсолютном пространстве первоначальное направление оси своего вращения. Астатический трехстепенный гироскоп, представляющей собой ротор (маховик), установленный в кожухе через шарикоподшипниковый подвес и прикрепляющийся посредством полуосей к внутренней кардановой рамке, которая, в свою очередь, через еще один шарикоподшипниковый подвес крепится соответственно к наружной кардановой рамке. Наружная рамка закрепляется в корпусе прибора с помощью шарикоподшипникового подвеса, при этом центр масс системы «ротор - кожух» лежит в точке пересечения осей карданова подвеса, а центр масс наружной рамки подвеса лежит на оси этой рамки. Таким образом, ротор по отношению к корпусу имеет три угловые степени свободы. Вращение ротора обеспечивается за счет пороховых зарядов либо внутренней ленточной пружины. Высокая скорость вращения (≈ 40000 об/мин) обеспечивает высокий кинетический момент и как следствие устойчивость положения главной оси гироскопа не зависимо от углового положения самого объекта. Контролируя угол поворота наружной рамки относительно подвижного основания посредством потенциометрических, оптических или магнитометрических датчиков, можно определить текущий угол крена объекта и управлять его движением. Такие гироскопические изделия успешно себя зарекомендовали, благодаря невысокой стоимости, относительной простоте изготовления и высокой надежности, обладая массой 150-300г и габаритами $\varnothing 35 \times 64 - \varnothing 62 \times 100$ мм (диаметр \times ширина),. уход обычно не более 7° /мин. Однако, развитие техники постоянно диктует требования к уменьшению массогабаритных параметров, увеличению времени работы и к повышению точности. Современные технологии механообработки во многом исчерпали возможности решения таких задач, в том числе без существенного удорожания стоимости изделия. Исходя из этого, становится актуальна задача поиска способа построения подобного прибора с минимизацией его массогабаритных параметров и повышения его точности, что возможно за счет использования гироскопов на иных физических принципах действия.

Таким гироскопом может являться волновой твердотельный гироскоп (ВТГ), представляющий собой полую тонкостенную металлическую (особый сплав) «рюмку», к которой попарно присоединяются пьезоэлементы. Принцип действия ВТГ основан на использовании инертных свойств упругих волн, возбуждаемых в виде радиальных колебаний на второй моде в полусферическом, цилиндрическом или кольцевом резонаторах. Эффект инертности упругих волн во вращающихся осесимметричных телах в 1890 г. открыл теоретически и подтвердил экспериментально Г.Х. Брайен. Он показал, что при вращении вибрирующей оболочки в результате действия инерционных сил Кориолиса происходит

расщепление собственной частоты основной формы изгибных колебаний ее стенок, что приводит к прецессии стоячей волны, как относительно оболочки, так и в инерциальном пространстве.

Рассматривая ВТГ с позиций технологии изготовления, а также точностных характеристик, можно выделить ряд его преимуществ по сравнению с другими видами гироскопов: полностью отсутствуют вращающиеся части, что увеличивает ресурс прибора (от 15 000 часов и более); обладает способностью переносить большие перегрузки; компактен, обладает небольшой массой и габаритами (20-80 г при \varnothing 10 – 40 мм и ширине 30 мм); случайный дрейф нулевого сигнала менее $0,6^\circ/\text{ч}$; сохраняет инерциальную информацию при кратковременном отключении электропитания; обладает низкой энергоёмкостью.

Таким образом, использование ВТГ для определения угла крена на подвижном объекте является одним из перспективных направлений.

Выводы. В работе представлены исследования, позволяющие наметить тенденции по достижению минимальных массогабаритных параметров и повышению точности датчика угла крена для подвижного объекта, построенном на волновом твердотельном гироскопе.

Каликанов А.В (автор)

Погорелов М.Г (научный руководитель)