

УДК 629.7

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
АВТОНОМНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

И.Э.Комарова

Рассмотрены вопросы реализации различных схемных решений навигационных систем.

Ключевые слова: навигация, система, информация, гироскоп, акселерометр.

При современном уровне развития систем управления космическими комплексами (КК) и аппаратами (КА) всех уровней задачи навигации на борту в принципе полностью решаемы по первичной навигационной информации (ПНИ), получаемой по радиоканалам связи от наземных комплексов управления и спутниковых навигационных систем (НС). Полностью автономные навигационные системы (АНС) могут применяться в качестве резервных для повышения надежности и помехоустойчивости на КК специального назначения. Практика эксплуатации искусственных спутников Земли показала, что с точки зрения управления их движением на пассивных и активных участках полета наиболее перспективными являются бортовые системы ориентации, в состав которых в качестве основного компонента входят классические инерциальные системы (ИС), решающие задачи навигации.

При синтезе ИС навигации для активных участков орбитального движения должны быть соблюдены несколько условий функционирования системы: хранение ориентации базовых осей координат, в которой должны производиться измерения сил (реализуется использованием гироскопов); измерение составляющих кажущегося ускорения в этих базовых осях (удовлетворяется акселерометрами); наличие информации о распределении напряженности гравитационного поля Земли (осуществляется аналитически в спецпроцессоре); возможность двойного интегрирования (необходимым условием являются начальное положение и начальная скорость).

Реализация на практике достоинств бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) связана с решением двух основных задач: созданием высокоточных чувствительных элементов (ЧЭ) с увеличенным динамическим диапазоном измерений и дальнейшей миниатюризацией бортового вычислительного комплекса (БВК) при одновременном повышении скорости и объема вычислений при обработке ПНИ. Физическая реализация БИНС предусматривает три возможных конструктивных решения БИНС: на основе трех одноосных гиростабилизаторов; с применением шести пространственно распределенных акселерометров; комбинацией трех датчиков угловой скорости и трех акселерометров [Л].

Первое из перечисленных решений позволяет ощутимо снизить степень влияющих на ЧЭ НС возмущений, но основным препятствием к его широкому практическому применению являются значительные весогабаритные характеристики, необходимость реализации высокоточной начальной ориентации НС на подвижном основании и рост инструментальных ошибок всей измерительной системы при маневрировании КА. Учитывая, что установленные на подвижных носителях шесть пространственно распределенных акселерометров не должны подвергаться перегрузкам более 20 g, а предельно достижимая точность измерения кажущегося ускорения современными моделями находится в диапазоне 10^{-4} – 10^{-7} g при обязательной для осуществления измерения вектора абсолютной угловой скорости 10^{-11} – 10^{-12} g, можно сделать вывод о практической нереализуемости при построении БИНС поставленной задачи в случае указанной конструктивной схемы.

Несомненное достоинство третьей схемы построения НС заключается в исключении погрешностей, вызванных уходами одноосных гиростабилизаторов, и применении современных высокочувствительных элементов, работа которых базируется на различных физических принципах (микромеханика, микроэлектроника, оптоэлектроника, лазерная техника и др.). Наибольшие успехи в создании АНС достигнуты в результате применения в них динамически настраиваемых гироскопов и гироскопов с динамическим подвесом ротора, несмотря на возникающие в этом случае большие дрейфы и уходы. Перспективной реализацией НС можно считать использование лазерных, а с появлением оптических волокон, стойких к воздействию частиц высоких энергий, – волоконно-оптических гироскопов. Сфера применения БИНС ограничена необходимостью аналитического моделирования опорной системы координат и преобразования сигналов гироскопов и акселерометров, отсутствием совершенных методов начальной ориентации и калибровки системы, а также дополнительными трудностями калибровки ЧЭ в связи с изменением ориентации их осей чувствительности по отношению к направлению вектора силы тяжести.

Использование в измерительном комплексе на базе гиростабилизированной платформы (ГСП) НС, построенной по геометрической, аналитической или наиболее распространенной на сегодня полуаналитической схеме (горизонтальные и пространственные инерциальные НС), предусматривает повышение на 2–3 порядка точности измерения параметров в широком диапазоне для ЧЭ, размещенных на ГСП, и гарантированное решение навигационных задач в условиях больших перегрузок. Погрешности гироскопов компенсируются по результатам наземных калибровок, а динамический дрейф ГСП возмещается в процессе движения путем использования дополнительной ПНИ от различных датчиков и систем, что предполагает применение в БВК высокоточных алгоритмов оценивания, позволяющих использовать для управления не только скорости, но и оценки угловых отклонений ГСП и дрейфа гироскопов, что приво-

дит к повышению точности НС и компенсации погрешностей при исчезновении внешнего источника информации.

[Л]. Соколов С.В., Погорелов В.А. Основы синтеза многоструктурных бесплатформенных навигационных систем. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 182 с.

Комарова Ирина Эриковна – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, ppaannddaa@mail.ru