

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ГИРОКОМПАС НА ОСНОВЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ*

Н. К. Плотников¹, А. В. Михеев²

(Саратовский государственный технический университет, Саратов)

Ю. Н. Коркишко³, В. А. Федоров⁴, В. Е. Прилуцкий⁵
(ООО "Оптолинк", Москва)

Аннотация

Ключевые слова: гироскоп, алгоритм, условие Шулера, погрешность, дрейф.

Дан анализ состояния вопроса, показано, что рассмотренный гироскоп имеет типичный для бесплатформенной системы ориентации и навигации состав. Рассмотрен подход к формированию алгоритмов функционирования, приведены результаты математического моделирования ГК ВОГ, содержащего известные ВОГ и акселерометры.

Постановка задачи

В настоящее время ряд фирм выпускает гироскопы на основе триады ВОГ (ГК ВОГ), входящих в состав БИСОН, которая еще, как обычно, содержит трехкомпонентный измеритель кажущегося ускорения, бортовой компьютер, интерфейс и другие устройства. К числу таких систем относятся гироскопы Octans (France), KVH Industries (USA), SFIM Industries (Deutschland, GmbH), гироскоп компас (ЦНИИ "Электроприбор", Россия) и другие, устанавливаемые на гидрографических и других судах [1-3]. В данной работе излагаются результаты проработок по созданию гироскопа, имеющего приборный состав, аналогичный составу указанных выше систем, а по техническим и экономическим параметрам им не уступающего. Поскольку, наряду с влиянием погрешностей элементов, на точность ГК ВОГ оказывают влияние погрешности алгоритмов его функционирования, вычислительные ошибки и движение подвижного объекта (ПО), то формирование алгоритмов функционирования и его параметров имеют важное значение для целей снижения погрешностей ГК ВОГ.

Решение задачи

В основу решения задачи построения алгоритмов функционирования ГК ВОГ положена теория бесплатформенных инерциальных навигационных систем [4], а также теория одной разновидности бесплатформенных инерциальных систем ориентации [5].

Сочетание принципа компьютерного моделирования вертикали места с использованием условий невозмущаемости Шулера к действию горизонтальных абсолютных ускорений [4-7] с одновременным выполнением условия совмещения одной из горизонтальных осей моделируемого в бортовом компьютере (БК) трехгранника с направлением на север позволило реализовать в БК модель гироскоп компаса. Следует отметить, что система предназначена для применения на ПО с ограниченными углами тангажа, поэтому в силу простоты в качестве алгоритмов приняты кинематические уравнения Эйлера с введенными в них членами горизонтальной и азимутальной коррекции. В сопоставительном плане рассматриваются кватернионные алгоритмы также с введенными в них членами горизонтальной и азимутальной коррекции. Алгоритмы с введенными в них членами коррекции имеют обратные связи в отличие от разомкнутых известных алгоритмов [4], а потому обладают асимптотической устойчивостью и ограниченностью ошибок. Особую группу составили тригонометрические алгоритмы начальной выставки, обеспечивающие, в связи с использованием сигналов только инерциальных датчиков, автономность ее выполнения.

Определены виды и параметры горизонтальной и азимутальной коррекции, их переключение на различных режимах движения ПО (начальная выставка, рабочий режим), применены условия Шулера, обеспечивающие инвариантность ГК ВОГ к действию ускорений ПО. В частности, проведен сравнительный анализ алгоритмов, соответствующих как гироскопу направления, так и гироскопу. Оба типа ал-

¹ Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой.

² Аспирант

³ Доктор физико-математических наук, профессор.

⁴ Доктор физико-математических наук, профессор.

⁵ Руководитель отделения

горитмов характеризуются одинаковой структурой по двум осям горизонтальной коррекцией [5], а отличаются только типами азимутальной коррекции. В частности, в гироскопе направления, не обладающего избирательностью к северному направлению, вводилась одна из разновидностей угловой скорости азимутальной коррекции $\omega_{\zeta 2}^k$ вида

$$\omega_{\zeta 2}^k = -U \sin \varphi - \frac{v_{\zeta 3}}{R} \operatorname{tg} \varphi,$$

где U , R , φ – угловая скорость вращения и радиус Земли, а также широта места; $v_{\zeta 3}$ – восточная составляющая относительной скорости ПО.

Режим гироскопа обеспечивался путем введения по разомкнутой схеме поправки по курсу $\Delta \psi_C$ в выходной сигнал, в определенной степени аналогично тому, как это делается в [8]

$$\operatorname{tg} \Delta \psi_C = \frac{\omega_{\zeta 3}}{\omega_{\zeta 1}},$$

где $\omega_{\zeta 1}$, $\omega_{\zeta 3}$ – северная и восточная составляющие угловой скорости горизонтального трехгранника, определяемые по угловым скоростям коррекции.

Реализация системы достигается путем применения ВОГ'а модели ПНСК 40-002 собственной разработки фирмы «Оптолинк», имеющего угловую скорость дрейфа порядка 0,02 угл. град/ч и верхний предел измерений 10 угл. град/с, акселерометров типа КСА-100 или АК-6. Проведено математическое моделирование функционирования ГК ВОГ, установленного на ПО, совершающем угловые и поступательные движения, которое показало:

ошибка по углу курса при использовании ВОГ типа ПНСК 40-002 и акселерометров типа КСА-100 составила 9 угл. мин после 5,5 ч непрерывной работы (в КСА-100 сдвиг нуля 10^{-2} м/с², погрешность масштабного коэффициента 0,01 %);

при использовании вместо акселерометров КСА-100 акселерометров типа Analog Devices (сдвиг нуля 0,28 м/с², погрешность масштабного коэффициента 0,2 %) ошибка по курсу составила 1,8 угл. град. При температурной стабилизации акселерометров ошибка в определении курса снизилась до значения около 0,6 угл. град после 5,5 ч работы.

Время начальной выставки ГК ВОГ составляет величину около 200 с, что сопоставимо со временем выставки во французском гироскопе Ostans.

Литература

1. Пешехонов В.Г., Несенюк А.И., Старосельцев Л.П., Багенов Б.А., Буравлев А.С. Гироскоп на волоконно-оптических гироскопах с вращением блоков чувствительных элементов // Гироскопия и навигация. - 2002. - №1(36). - С. 52-63.
2. SR 2100 Fiber Optic Gyrocompass & Attitude Reference System. KVH Industries. 2002.
3. T. Gaiffe, Y. Cottreau, N. Faussot, P. Simonpietri, H. Lefevre, H. Ardity. Marine fiber optic gyrocompass with integral motion sensor. Symposium Gyro Technology. 1999, Stuttgart, p.p. 15.0-15.7.
4. Strapdown Inertial Navigation Technology. D.H. Titterton & J.L. Weston. Peter Peregrinus Ltd, London. 1997.- 455 p.
5. Плотников П.К. Элементы теории работы одной разновидности бесплатформенных инерциальных систем ориентации // Гироскопия и навигация. -1999. -№ 4. -С. 23-24.
6. Анучин О.П., Емельянов Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. –СПб.: ЦНИИ «Электроприбор». 1999. -357 с.
7. Дмитриев С.П. Инерциальные методы в инженерной геодезии. - СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 1997.- 209 с.
8. Патент РФ №2167716. Способ выработки навигационных параметров/ В.А. Беленький, 2001.