

Хуторцов Максим Сергеевич
*Студент института автоматизации и электронного приборостроения,
Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет
им. А.Н. Туполева - КАИ,
E-mail: khutortsovms@stud.kai.ru*

Khutortsov Maksim Sergeevich
*Student of the Institute of Automation and Electronic Instrumentation
Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI
E-mail: khutortsovms@stud.kai.ru*

**ДВУХКОМПОНЕНТНЫЙ ДАТЧИК УГЛОВОЙ СКОРОСТИ НА БАЗЕ
МАЛОГАБАРИТНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ТРЕХСТЕПЕННОГО
ГИРОСКОПА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИРОКОМПАСИРОВАНИЯ
TWO-COMPONENT ANGULAR VELOCITY SENSOR BASED ON A COMPACT
CONTROLLED THREE-DEGREE GYROSCOPE FOR GYROCOMPASSING**

Аннотация:

В работе исследуется датчик двухкомпонентной угловой скорости (ДДУС), созданный на основе малогабаритного управляемого трёхстепенного гироскопа (МГТУ) и предназначенный для выполнения начальной азимутальной выставки. Представлены принцип его функционирования, электро-кинематическая структура и разработанная математическая модель.

Ключевые слова:

Датчик угловой скорости, гироскоп, гироскопирование, ориентация.

Abstract:

This paper investigates a two-component angular velocity sensor (DDUS) based on a compact controlled three-degree gyroscope (MGTU) designed for initial azimuth alignment. The operating principle, electro-kinematic structure, and the developed mathematical model are presented.

Keywords:

Angular velocity sensor, gyroscope, gyrocompassing, orientation.

Введение:

В условиях быстрого развития технологий и роста требований к точности навигационных систем датчики угловой скорости (ДУС) занимают ключевое место среди средств измерения и управления движением. Они обеспечивают точное определение угловых скоростей и ориентации объектов, что необходимо для работы навигационных и стабилизационных систем различного назначения.

ДУС находят широкое применение в авиации, автомобильной промышленности, робототехнике и мобильных устройствах. В авиации они используются для стабилизации и управления полётом, в транспортных системах — для повышения устойчивости и безопасности движения, в робототехнике — для точного контроля ориентации и баланса. В мобильных устройствах такие датчики обеспечивают корректное отслеживание положения и ориентации при взаимодействии с интерфейсом и в системах дополненной реальности.

Особое значение ДУС имеют при гироскопировании и начальной азимутальной

Рис. 1 – Электро-кинематическая схема

Усилитель, применяемый в системе, обладает сложной многоуровневой структурой и включает предварительный усилитель, фазочувствительный выпрямитель, корректирующее звено (КЗ), усилитель постоянного тока и усилитель мощности. Совместная работа этих блоков обеспечивает точное усиление и обработку сигналов от датчиков угловой скорости, что позволяет системе надежно измерять вращение объекта.

При вращении корпуса гироскопа вокруг оси X с угловой скоростью происходят следующие процессы:

1. Кинетический момент и наружная рамка:

Вектор кинетического момента H и НР гироскопа остаются ориентированными в инерциальном пространстве, независимо от движения корпуса.

2. Формирование сигнала:

Угол поворота НР относительно корпуса фиксируется, и на его основе генерируется напряжение, пропорциональное углу поворота.

3. Передача сигнала: Напряжение от ДУ1 через усилитель подается на ДМ2.

4. Создание момента: ДМ2 под воздействием сигнала развивает момент.

5. Прецессия вектора кинетического момента:

Под действием момента вектор H прецессирует в направлении вращения корпуса.

6. Пропорциональность угловой скорости:

угол рассогласования α , возникающий при прецессии, пропорционален угловой скорости вращения корпуса.

Рассмотрим математическую модель ДДУС:

Математическая модель двухкомпонентного датчика угловой скорости (ДДУС) на основе трёхстепенного гироскопа в кардановом подвесе представлена уравнениями:

$$\begin{aligned} J_1 \ddot{\alpha} - H(\dot{\beta} + \omega_{\partial M}) + a \dot{\alpha} &= M^x = k i_1; \\ J_2 \ddot{\beta} - H(\dot{\alpha} + \omega_{\partial M}) + b \dot{\beta} &= M^z = k i_2; \end{aligned} \quad (1)$$

$$T_{\partial M1} \frac{di_1}{dt} + i_1 = \frac{k_y k_{\partial y}}{R} L^{-1} \{W_{K3}(p) \beta(p)\};$$

$$T_{\partial M1} \frac{di_2}{dt} + i_2 = -\frac{k_y k_{\partial y}}{R} L^{-1} \{W_{K3}(p) \alpha(p)\}; \quad (2)$$

где (1) – уравнения движения гироскопа;

(2) – уравнение токов в обмотках датчиков моментов;

J_1 - момент инерции НР и ГУ относительно оси X;

J_2 - момент инерции ГУ относительно оси Z;

a, b - коэффициенты демпфирования;

$W_{K3}(p)$ - передаточная функция корректирующего звена в операторной форме;

$L^{-1}\{\}$ - обозначение обратного преобразования Лапласа.

Моменты инерции рассчитываются исходя из габаритных размеров гироскопа. На основе уравнений (1) и (2) строится структурная схема системы и синтезируются контуры измерения угловой скорости. Далее выполняется математическое моделирование ДДУС в

Simulink (MATLAB), с учетом различных входных воздействий, что позволяет оценить динамику системы и оптимизировать параметры для обеспечения высокой точности и надежности измерений.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В статье рассмотрена конструкция и принцип работы двухкомпонентного датчика угловой скорости на основе малогабаритного управляемого трёхстепенного гироскопа. Проведен анализ электро-кинематической схемы и математической модели датчика, показано, как формируются сигналы и обеспечивается связь между угловой скоростью и моментами, создаваемыми в системе.

Рассмотренные подходы позволяют определить ключевые параметры ДДУС и описать динамику его работы в кардановом подвесе. Полученные результаты подтверждают теоретическую возможность точного контроля вращательных движений и перспективность применения датчика в навигационных системах, гироскопировании и робототехнике, где критически важна высокая точность ориентации объектов

Список литературы

1. Стрелков А.Ю. Анализ алгоритмов азимутальной начальной выставки и их реализация во внешнем азимутальном модуле/ А.Ю. Стрелков, С.В. Кривошеев// Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева.– 2014.– №2.– С. 129–135.
2. В.В. Серегин. Прикладная теория и принципы построения гироскопических систем: учебное пособие. – СПб.: ИТМО, 2007. – 78 стр.

Кабинет

[ПРОВЕРИТЬ](#)

 [ПРИМЕР ОТЧЕТА](#)

 Поиск по названиям документов

 УДАЛЕННЫЕ ДОКУМЕНТЫ | < > 1/1  > |

 ПЕРЕМЕСТИТЬ |  УДАЛИТЬ |  ИСТОРИЯ ОТЧЕТОВ

☐ Название 

Статус 

Дата загрузки 

Оригинальность

☐  **Статья Хуторцов**

 06 Окт 2025
19:59

96,43%

[ПОСМОТРЕТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ](#)