

Муллагалиев Динар Радикович
Студент института автоматизации и электронного приборостроения,
Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет,
E-mail: dinarm@list.ru

Mullagaliev Dinar Radikovich
Student of the Institute of Automation and Electronic Instrumentation
Kazan National Research Technical University
E-mail: dinarm@list.ru

ЭЛЕКТРОКИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ НА ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВАЕМОМ ГИРОСКОПЕ ГВК-6

ELECTROKINEMATIC DIAGRAM OF INSTALLATION ON THE DYNAMICALLY ADJUSTED GYROSCOPE GVK-6

Аннотация: в статье рассматривается электрокинематическая схема установки на динамически настраиваемом гироскопе ГВК-6, которая включает в себя двухосный индикаторный гиросtabilизатор(ДИГС) и аналоговый коммутатор(АК), задача которого состоит в правильном и своевременном переключении между каналами управления.

Ключевые слова: гироскоп, платформа, коммутатор, стабилизация, датчик.

Abstract: the article discusses the electro-kinematic scheme of the installation on the dynamically adjustable gyroscope GVK-6, which includes a two-axis indicator gyrostabilizer (DIGS) and an analog switch (AS), the task of which is to correctly and timely switch between control channels.

Keywords: gyroscope, platform, switch, stabilization, sensor.

Введение:

Актуальность проблемы: в связи с развивающейся тенденцией на разработку и проектирование различных современных летательных аппаратов, появляется и спрос на развитие области приборостроения. Установка на базе двухосного индикаторного гиросtabilизатора имеет 6 контуров работы, которые позволяют удовлетворять требованиям современных систем навигации управляемых и беспилотных летательных аппаратов.

Анализ литературы: Известен аналог – двухосный индикаторный стабилизатор[6], построенный на динамически настраиваемом или шаровом гироскопе, по осям подвеса которого установлены датчики углов и датчики моментов. Гироскоп установлен в кардановом подвесе, состоящем из внутренней рамы (платформы) и внешней рамы, по осям подвеса которых установлены стабилизирующие моторы (двигатели моментные), соединенные через усилители с соответствующими датчиками угла гироскопа.

Недостатком аналога является заниженная функциональность, которая позволяет демонстрировать и анализировать только контуры индикаторной стабилизации.

Известен двухосный индикаторный гироскопический стабилизатор на динамически настраиваемом гироскопе[7], который принят за прототип. Двухосный индикаторный гироскопический стабилизатор (ДИГС) на динамически настраиваемом гироскопе (ДНГ) содержит наружное кольцо (раму), кинематически с помощью опор подвеса установленную в корпусе. В раму кинематически с помощью опор подвеса установлена платформа, на которой крепится ДНГ, который состоит из ротора, в котором установлен внутренний, упругий кардановый подвес, приводимого во вращение двигателем, закрепленным на корпусе ДНГ (на платформе). Упругий подвес с одной стороны вмонтирован в ротор, а с другой стороны с помощью вала соединен с валом двигателя. Упругий подвес состоит из кольца, которое с помощью одной пары торсионов соединяется

с валом, а с помощью второй пары торсионов соединяется с ротором гироскопа. Измерение углов отклонения ротора гироскопа (вектора кинетического момента) относительно плоскости платформы осуществляется индуктивными датчиками углов торцевого, которые через усилители стабилизации соединены с соответствующими двигателями стабилизации, расположенными на осях подвеса рамы и платформы. Для управления положением ротора гироскопа служат датчики моментов также торцевого типа, закрепленные на корпусе ДНГ, которые подключены к выходам соответствующих усилителей управления.

Недостатком прототипа является ограниченная функциональность, которая позволяет демонстрировать и анализировать только режимы индикаторной стабилизации и управления положением платформы.

Материалы и методы:

Ключевым компонентом установки на базе двухосного индикаторного гиросtabilизатора является чувствительный элемент - динамически настраиваемый гироскоп ГВК-6. ГВК-6 относится к классу вибрационных роторных гироскопов и в настоящее время является одним из самых распространённых типов базовых чувствительных элементов, применяемых для построения систем ориентации и навигации[1]. Основным преимуществом такого гироскопа является его точность измерения, время готовности, размер и массу.

На рис.1 изображена кинематическая схема гироскопа ГВК-6.

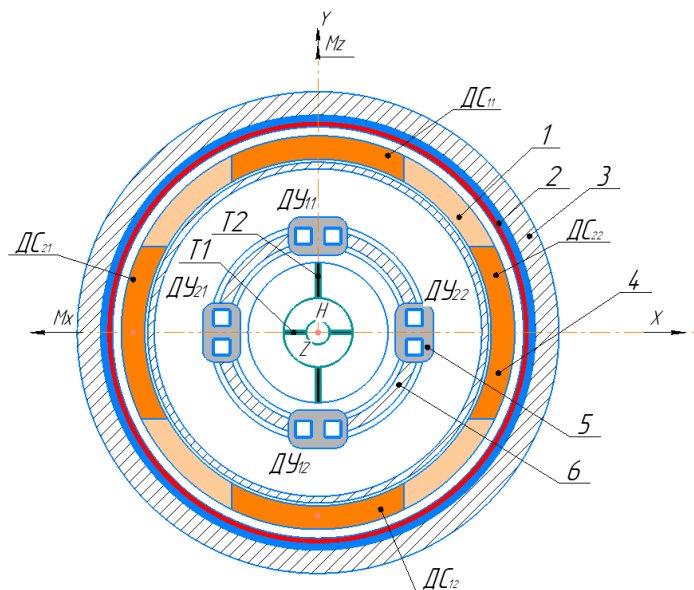


Рисунок 1 Кинематическая схема ГВК-6

1 – статор датчика момента; 2 – кольцевой магнит; 3 – ротор ГВК; 4 – обмотка; 5 – датчик угла; 6 – ротор ДУ.

Здесь, для измерения углов отклонения ротора ГВК относительно корпуса используются $ДУ_1 = ДУ_{11} + ДУ_{12}$, $ДУ_2 = ДУ_{21} + ДУ_{22}$. $ДУ_1$ измеряет угловые отклонения по оси X, $ДУ_2$ – по оси Y.

Для создания управляющих моментов используются датчики моментов, в состав которых входит по два датчика силы на одну ось. Таким образом, $ДМ_1 = ДС_{11} + ДС_{12}$, $ДМ_2 = ДС_{21} + ДС_{22}$. Момент по оси Y создаёт $ДМ_2$, по оси X – $ДМ_1$.

В целях упрощения объяснения принципа работы установки на ДНГ изобразим альтернативный вариант первого рисунка - рис. 2.

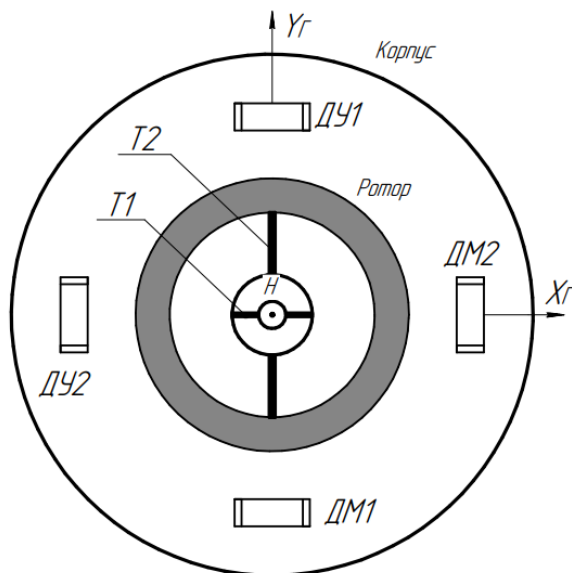


Рисунок 2 Изменённый рис. ГВК-6

ДУ1, ДУ2 – датчики угла, работающие по осям X и Y соответственно;

ДМ1, ДМ2 - датчики момента, работающие по осям X и Y соответственно;

T1 – внутренняя пара торсионов;

T2 – внешняя пара торсионов.

Для измерения углов отклонения ротора (кинетического момента H) в системе координат, связанной с корпусом ДНГ, используются торцевые датчики углов: первый датчик угла ДУ₁, измеряет поворот относительно оси X_r , второй датчик угла ДУ₂ измеряет угол поворота относительно оси Y_r . Для управления отклонением ротора 6 (кинетического момента H) в системе координат, связанной с корпусом ДНГ, используются торцевые датчики моментов: второй датчик момента ДМ₂, который создает момент относительно оси Y_r , а прецессия будет происходить относительно оси X_r , второй датчик момента ДМ₁, который создает момент относительно оси X_r , а прецессия будет происходить относительно оси Y_r . Следует отметить, что, как это принято в литературе, торцевые датчики углов и моментов указаны условно.

Как говорилось ранее, за переключение между контурами работы установки будет отвечать аналоговый коммутатор, который в своём составе будет иметь: 7 сигнальных входов, 9 сигнальных выходов и 6 управляющих входов. Рис. 3.

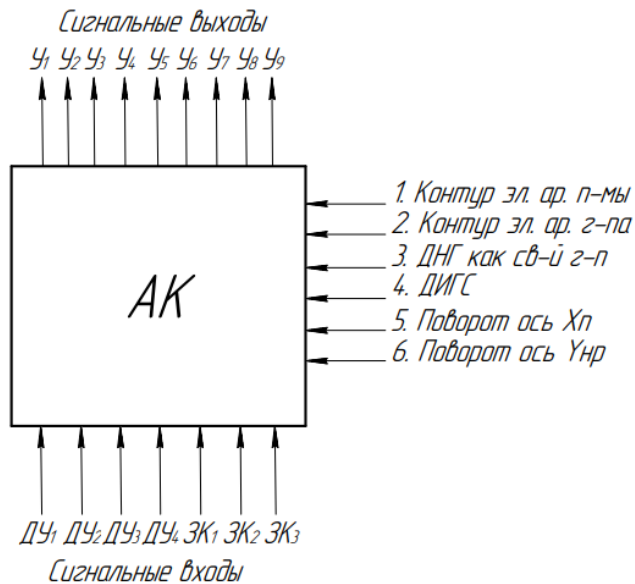


Рисунок 3 Аналоговый коммутатор

Здесь, с одного из управляющих входов поступает сигнал о переключении на требуемый контур работы, который, в свою очередь, соединяет необходимые сигнальные входы с соответствующими сигнальными выходами.

Установка содержит ДНГ(рис.4), установленный на платформу П, помещенную в двухосный подвес. По оси X_{Π} платформа с помощью полуосей кинематически связана с ДМ₄ и ДУ₄. По оси наружной рамы $Y_{Нр}$ аналогично связана и рама с помощью полуосей с ДМ₃ и ДУ₃.

ДМ₃ и ДМ₄ – моментные двигатели типа ДМ-21. Применяются в установке в качестве стабилизирующего мотора. ДМ-21 относится к двигателям постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов коллекторного типа.

ДУ₃ и ДУ₄ – 15Д-60-1 – датчик угла индукционный линейный предназначен для преобразования угла поворота ротора в пропорциональное линейное изменение амплитуды выходного напряжения и может быть использован в качестве датчика обратной связи или линейного вращающегося трансформатора.

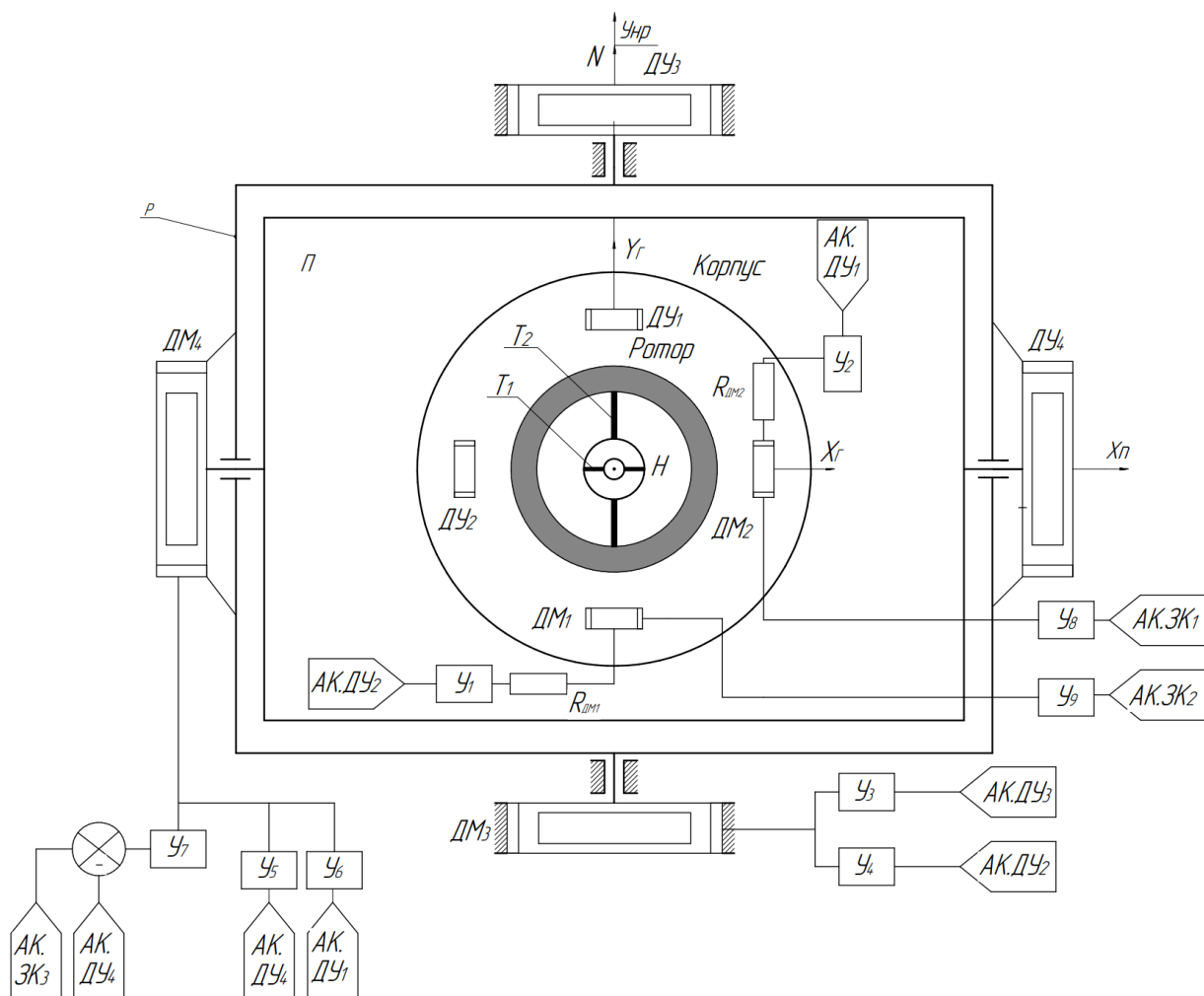


Рисунок 4 Установка на ГВК-6

У1-У9 – усилители;

АК – аналоговый коммутатор;

ДМ1, ДМ2, ДМ3, ДМ4 – датчики моментов;

ДУ1, ДУ2, ДУ3, ДУ4 – датчики углов;

П – платформа;

Р – рама.

Обсуждения: рассмотренная установка имеет 6 контуров режимов работ:

- 1) Контур арретирования платформы
- 2) Контур арретирования гироскопа
- 3) Режим работы ДНГ как свободного гироскопа
- 4) Режим работы ДНГ как датчика угловой скорости (ДУС)
- 5) Контур индикаторной стабилизации
- 6) Контур управления положением платформы.

За переключение режимов отвечает аналоговый коммутатор, который в своем составе имеет 6 сигнальных входов, 9 сигнальных выходов и 6 управляющих входов.

Несмотря на многочисленное количество достоинств у чувствительного элемента ГВК-6 нельзя не отметить и его недостатки. К недостаткам ДНГ можно отнести несколько меньшие ударостойкость и вибропрочность по сравнению с некоторыми другими типами гироскопов. До недавнего времени ДНГ существенно уступал поплавковым гироскопам с газодинамической опорой ротора по ресурсным характеристикам.

Достоинств ДНГ куда больше их недостатков, что и определило их успешное использование. В настоящее время эти приборы широко применяются в качестве чувствительных элементов гиросtabilизированных платформ (ГСП), бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС), или бесплатформенных инерциальных блоков (БИБ), гиротаксметров, систем бортовых курсовертикалей (СБКВ) и инклинометров.

Рациональное использование объёма прибора благодаря переносу карданова подвеса внутрь маховика (на приводной вал), обеспечивает ДНГ меньшие габариты и массу (при равных кинетических моментах) по сравнению не только с трёхстепенными, но и с двухстепенными гироскопами с наружным кардановым подвесом. Вес гироскопической платформы на ДНГ в 3 – 8 раз меньше веса гироскопической платформы на двухстепенных гироскопах с шарикоподшипниковым подвесом или поплавковых гироскопах[5].

Отсутствие жидкости позволяет создавать приборы с малым временем готовности, что выгодно отличает ДНГ от поплавковых гироскопов, а введение системы термостатирования, применение методов экстраполяции величины собственной скорости прецессии (ССП) гироскопа и компенсации её составляющих с помощью специальных алгоритмов, позволяет снизить время готовности до малых величин.

Результаты:

Электрокинематическая схема установки на гироскопе ГВК-6 представляет собой передовое решение в области гироскопической навигации, демонстрируя высокую точность и надёжность для использования в различных приложениях, включая авиацию и космическую технику.

Таким образом, дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к значительным улучшениям в управлении динамическими системами. Электроника и механика, объединённые в данной электрокинематической схеме, открывают новые возможности для дальнейшего развития гироскопических технологий. В будущем, внедрение современных методов обработки данных, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, может ещё больше улучшить характеристики стабильности и точности гироскопов. Это особенно актуально для растущих областей, таких как робототехника, беспилотные летательные аппараты и системы автоматизации, где требуется высокая степень автономии и взаимодействия с окружающей средой.

Таким образом, дальнейшие исследования и оптимизация данных технологий может привести к прорывным решениям, способным изменить подходы к навигации и ориентации в самых различных сферах.

Библиографический список

1. Г.М. Виноградов, С.В. Кривошеев. Казань. Динамически настраиваемые гироскопы. М.: Изд-во Казан.гос.техн.ун-та, 2008г.
2. Гироскопические системы. Д.С. Пельпор, И.А. Михалев, В.А. Бауман и др. М.: Изд-во Высш.шк., 1988г.
3. С.В. Кривошеев. Вопросы проектирования двухосных индикаторных гиросtabilизаторов на базе трехстепенного гироскопа. 2015г. – 61с.
4. Патент РФ на изобретение №122477 МПК G01C 19/00. Двухосный индикаторный гиросtabilизатор на динамически настраиваемом гироскопе/ Малютин Д.М., Дегтярев М.И. – Заявл. 26.07.2012. – Оpubл. 27.11.2012. – Бюл.№33.
5. Брозгуль Л.И., Смирнов Е.Л. Вибрационные гироскопы. М.: Машиностроение, 1970г.
6. Лысов А.Н. Теория гироскопических стабилизаторов: учебное пособие / А.Н Лысов, А.А. Лысова. – Челябинский издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 117с.
7. М.И.Дегтярев. К анализу устойчивости двухосного индикаторного гиросtabilизатора на ДНГ. // Известия ТулГУ. Технические науки. Выпуск 2. – 2012, с. 403-408 . – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-analizu-ustoychivosti-dvuhosnogo-indikatornogo-girostabilizatora-na-dinamicheski-nastraivaemom-giroskope/viewer>