

СИЛОВЫЕ ГИРОСКОПИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Акашев Д.И., Якимовский Д.О., Яковец О.Б.

ФГУП «НИИ командных приборов»

198216, Россия, Санкт-Петербург, Трамвайный пр., д.16

E-mail: info@niikp.spb.ru

Двухступенные силовые гироскопические комплексы (СГК) – гиродины, являются основными исполнительными органами систем ориентации современных высокоманевренных космических аппаратов с длительным сроком активного существования. В ФГУП «НИИ командных приборов» тематика СГК развивается более 40 лет со времени ее возникновения в стране. В статье представлены некоторые результаты последних разработок в этом направлении.

СГК с двумя уровнями кинетического момента ротора $H=60;100 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$ для КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (рис. 1, а). Представленный СГК состоит электромеханического и электронного модулей.

В качестве электродвигателя гиромотора, ротор которого вращается с постоянной скоростью, – инерционного маховика – применен бесконтактный электродвигатель постоянного тока. Система цифровой стабилизации скорости вращения обеспечивает поддержание кинетического момента ротора с погрешностью менее 0,1%. С учетом стабильного поддержания кинетического момента ротора гироскопа точность реализации управляющего момента гиродина определяется работой исполнительного электропривода (ИЭП) СГК.

В состав исполнительного электропривода входят: измеритель углового положения подвеса (ИУП), бесконтактный моментный двигатель постоянного тока (БДПТ), одноступенчатый редуктор, блок управления приводом (БУП).

В БУП реализована двухконтурная система регулирования скорости, которая содержит контур регулирования интеграла скорости (угла поворота подвеса) и подчиненный ему контур регулирования тока двигателя. На каждом такте управления (160 мкс) определяется величина углового рассогласования между расчетным и измеренным углами поворота подвеса. После необходимых преобразований и коррекции информация поступает в контур регулирования тока двигателя. Данные об угловом положении ротора БДПТ, необходимые для формирования системы 3-фазных токов, вычисляются по информации ИУП. Для обеспечения необходимых вычислений с заданным быстродействием электрическая схема БУП создана на базе 32-разрядного микроконтроллера с частотой работы 40 МГц.

Динамические свойства и точность электропривода во многом определяются характеристиками ИУП. В ИЭП применён цифровой ИУП, в котором реализованы следующие требования: разрядность выходного кода – 20, погрешность не более 7,5", время преобразования 160 мкс. В состав измерителя входит 2-отсчетный индукционный ДУ и преобразователь электронный (ПЭ). Для уменьшения помех в тракте преобразования сигналов, ПЭ расположен в непосредственной близости с ДУ, в одном корпусе (рис. 1, б).

Задача ПЭ - преобразование аналоговых сигналов грубого и точного отсчетов ДУ в код и передача его в БУП. В процессе обработки сигналов используются тарировочные функции, позволяющие компенсировать систематические погрешности ДУ. Тарировка производится дважды – до установки ИУП в электромеханический модуль гиродина и после, и осуществляется в два этапа. На первом этапе при совершении полного оборота подвеса снимаются показания ИУП и эталонного энкодера, определяются нормировочные коэффициенты трактов грубого и точного отсчетов. На втором этапе для всех периодов грубого и точного отсчетов определяются коэффициенты рядов Фурье для гармонических составляющих, вносящих основной вклад в погрешность. Полученные коэффициенты вносятся в память контроллера ПЭ.

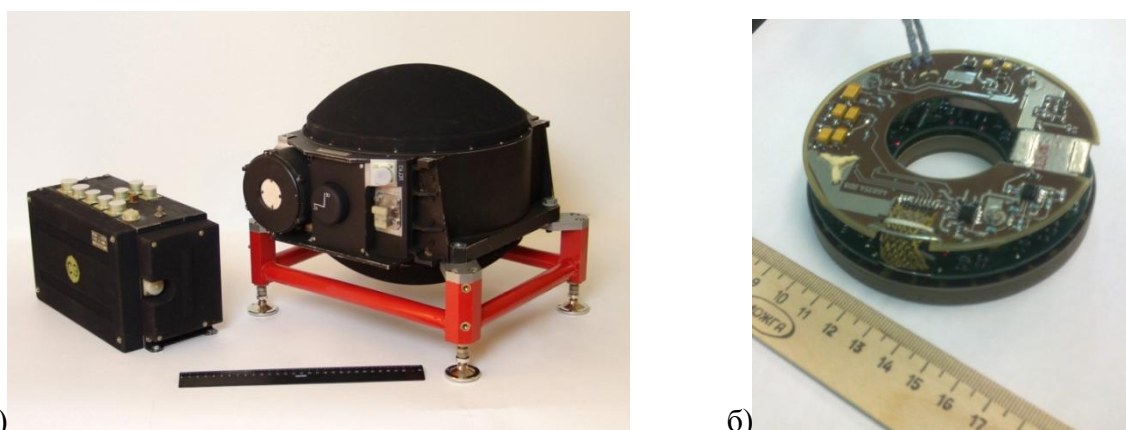


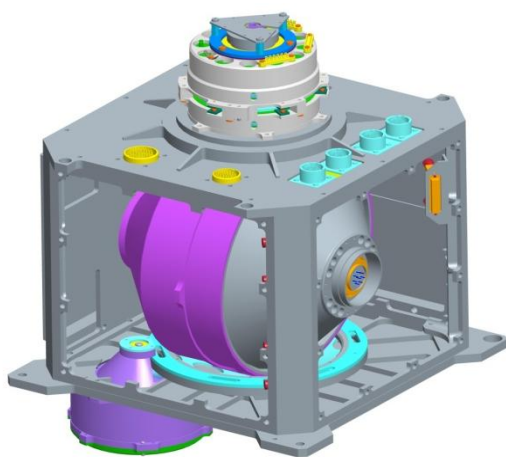
Рис. 1. а) СГК с кинетическим моментом ротора $H=60; 100 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$; б) Внешний вид измерителя углового положения

Принятые технические решения позволили обеспечить погрешность отработки заданной скорости для скоростей подвеса от $0,1^\circ/\text{с}$ до $60^\circ/\text{с}$ не более 1 %.

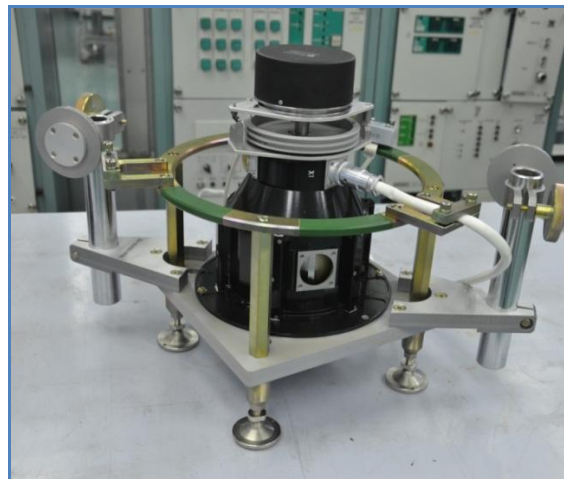
СГК с кинетическим моментом ротора $H=30 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$. Принципиальное отличие нового гироскопа – моноблочное исполнение электронных и механических модулей (рис. 2, а).

Электропривод гироскопа и исполнительный электропривод подвеса также построены на базе БДПТ. Структурные и схмотехнические решения реализации приводов практически совпадают с решениями, принятыми при создании СГК с $H=60; 100 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$.

СГК с кинетическим моментом $H=3 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$ (рис. 2, б). Основная цель разработки – созданные задела для систем управления малоразмерных высокоманевренных КА с получением минимальных ГМХ.



а)



б)

Рис. 2. а) СГК с кинетическим моментом $H=30 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$ (часть электронных блоков демонтирована); б) электромеханический модуль СГК с кинетическим моментом $H=3 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$

Гироскоп состоит из электромеханического и электронного модулей. Электроприводы гироскопа и ИЭП выполнены на базе БДПТ. В ИЭП не используется редуктор. Для снижения ГМХ ИУП выполнен меньших размеров и имеет 16 разрядов выходного кода. Оптимизированы схмотехнические решения электронных блоков.

Основные технические характеристики гироскопов для малых КА приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики гиродинов

Характеристика	СГК-100	СГК-30	СГК-3
Кинетический момент, Н·м·с	(60; 100)	30	3
Максимальный управляющий момент, Н·м	100	30	1
Масса прибора с блоком электроники, кг	25,6	16,5	4,5
Диапазон изменения скорости поворота подвеса, ° /с	±57,3	±57,3	±21
Дискретность изменения скорости поворота подвеса, ° /с	0,007	0,007	0,03
Дискретность измерения угла для управления приводом, угл. сек.	1,2	3	20

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Андронов А.А.

Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: andronik@sibmail.com

Магнитное поле Земли

Магнитное поле Земли – это область вокруг нашей планеты, где действуют магнитные силы. Вопрос о происхождении магнитного поля до сих пор окончательно не решен. Однако большинство исследователей сходятся в том, что наличием магнитного поля Земля хотя бы отчасти обязана своему ядру. Земное ядро состоит из твердой внутренней и жидкой наружной частей. Вращение Земли создает в жидком ядре постоянные течения. Как можно помнить из уроков физики, движение электрических зарядов приводит к появлению вокруг них магнитного поля.

Одна из самых распространенных теорий, объясняющих природу поля, - теория динамо-эффекта - предполагает, что конвективные или турбулентные движения проводящей жидкости в ядре способствуют самовозбуждению и поддержанию поля в стационарном состоянии.

Землю можно рассматривать как магнитный диполь. Его южный полюс находится на географическом Северном полюсе, а северный, соответственно, на Южном. На самом деле, географический и магнитный полюса Земли не совпадают не только по "направлению". Ось магнитного поля наклонена по отношению к оси вращения Земли на 11,6 градуса. Из-за того что разница не очень существенная, мы можем пользоваться компасом. Его стрелка точно указывает на южный магнитный полюс Земли и почти точно на Северный географический.

Магнитное поле защищает жителей Земли и искусственные спутники от губительного воздействия космических частиц. К таким частицам относятся, например, ионизированные (заряженные) частицы солнечного ветра. Магнитное поле изменяет траекторию их движения, направляя частицы вдоль линий поля.

Земляне могут лишиться своей магнитной защиты. Правда, точно сказать, когда это произойдет, геофизики пока не могут. Дело в том, что магнитные полюса Земли непостоянны. Периодически они меняются местами. Не так давно исследователи установили, что Земля "помнит" о смене полюсов. Анализ таких "воспоминаний" показал, что за