

В.А. Матвеев, В.П. Подчерцев,
В.В. Фатеев

ГИРОСКОПИЧЕСКИЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НА ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВАЕМЫХ ВИБРАЦИОННЫХ ГИРОСКОПАХ

*Рекомендовано редсоветом МГТУ им. Н.Э. Баумана
в качестве учебного пособия по курсу
«Теория гироскопов и гиростабилизаторов»*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2005

Мятвеев В.А., Подчерзев В.П., Фатеев В.В.

Гироскопические стабилизаторы на динамически настраиваемых вибрационных гироскопах: Учебное пособие по курсу «Теория гироскопов и гиросtabilизаторов». — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. — 103 с.: ил.

ISBN 5-7038-2254-8

В первой главе пособия проведено исследование динамически настраиваемых гироскопов с точки зрения их применения в качестве чувствительного элемента гиросtabilизатора. Уравнения движения гироскопа получены на основании необобщенных уравнений Эйлера, следуя методике, изложенной в курсе лекций. Проведен анализ этих уравнений, исследована устойчивость, получены необходимые передаточные функции.

Во второй главе рассмотрены основные элементы конструкции динамически настраиваемых гироскопов, даны их характеристики, приведен расчет угловой жесткости упругих элементов карданова подвеса.

В третьей главе получены уравнения движения гиросtabilизатора с ДНГ. Сформулированы условия, при которых устойчивость гиросtabilизатора обеспечивается, если динамически настраиваемый гироскоп и следящая система устойчивы по отдельности. Приведена подробная методика формирования регулятора гиросtabilизатора, обеспечивающая заданные точности и качество регулирования. Описаны конструктивные меры, обеспечивающие помехоустойчивость гиросtabilизатора от шумов, источником которых является динамически настраиваемый гироскоп.

Для студентов 4-го курса, обучающихся по специальности «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации».

Ил. 43. Табл. 1. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.1.054(075.8)
ББК 22.213

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Динамически настраиваемый вибрационный гироскоп	
как чувствительный элемент гиросtabilизатора	6
1.1. Кинематическая схема. Системы координат	7
1.2. Уравнения движения гироскопа	12
1.2.1. Уравнения движения кольца	12
1.2.2. Уравнения движения ротора	15
1.3. Анализ уравнений движения ДНГ.	
Условие динамической настройки	21
1.4. Устойчивость на неподвижном основании	26
1.5. Структурная схема. Передаточная функция по моменту	29
1.6. Уравнения движения и передаточная функция ДНГ	
в комплексной форме	36
2. Конструкции ДНГ	38
2.1. Конструкция ГВК-3	38
2.2. Конструкция ГВК-6	41
2.3. Конструкция ГВК-16	44
2.4. Конструкция МГ-4	47
2.5. Упругие опоры роторных вибрационных гироскопов	49
2.6. Расчет упругого карданова подвеса ДНГ	51
2.6.1. Расчет на прочность	51
2.6.2. Расчет на устойчивость	52

2.6.3. Расчет угловой жесткости	52
2.6.4. Расчет жесткости упругого элемента с постоянным поперечным сечением	53
2.6.5. Расчет жесткости упругого элемента с переменным поперечным сечением	55
2.7. Погрешности ДНГ	60
2.7.1. Погрешности от квадратурных моментов	60
2.7.2. Погрешности от осевой несбалансированности и неравножесткости	61
2.7.3. Погрешности от угловых колебаний на двойной частоте вращения	63
2.7.4. Модель погрешностей ДНГ	64
3. Двухосный гиросtabilизатор на ДНГ	65
3.1. Уравнение движения. Структурная схема	66
3.2. Устойчивость гиросtabilизатора на ДНГ	71
3.3. Общие принципы формирования регулятора системы стабилизации	80
3.3.1. Формирование ЛАХ в области низких частот	82
3.3.2. Формирование ЛАХ в области средних частот	87
3.3.3. Формирование ЛАХ в области высоких частот	91
3.3.4. Формирование ЛАХ условно устойчивой системы стабилизации	98
Список литературы	102

ВВЕДЕНИЕ

В индикаторных гироскопических стабилизаторах, находящихся в настоящее время широкое применение, гироскоп играет роль чувствительного элемента, моделирующего опорную систему координат. Точность стабилизаторов определяется как точностью системы стабилизации, обеспечивающей совмещение платформы с опорной системой координат, так и точностью построения самой опорной системы.

В решении задачи повышения точности системы стабилизации в настоящее время достигнуты значительные успехи, в большой степени определяемые быстрым развитием микроэлектроники. Повышение точности построения опорной системы координат связано с развитием гироскопической техники. Здесь также были достигнуты определенные успехи, в основном обусловленные разработкой поплавковых гироскопов на магнитном подвесе. Однако производство таких приборов отличается сложной технологией изготовления и высокой стоимостью.

Широкое распространение в настоящее время динамически настраиваемых вибрационных гироскопов (ДНГ) объясняется прежде всего их невысокой стоимостью и относительно простой технологией изготовления. При этом они имеют малые габариты, массу и достаточно высокую точность, позволяющую применять их в качестве чувствительных элементов в стабилизаторах инерциальных навигационных систем.

В данном пособии рассмотрены гироскопические стабилизаторы на динамически настраиваемых вибрационных гироскопах, в основном проанализированы особенности применения этих приборов в качестве чувствительного элемента стабилизатора.

1. ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВАЕМЫЙ ВИБРАЦИОННЫЙ ГИРОСКОП КАК ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА

Динамически настраиваемый вибрационный гироскоп (рис. 1.1) представляет собой трехстепенной гироскоп с вращающимся внутренним упругим кардановым подвесом [1, 2]. Упругий подвес гироскопа обеспечивает ему не только две степени свободы углового движения относительно вала двигателя, но и кинематическую связь с двигателем, приводящим во вращение ротор гироскопа. При этом в отличие от обычного трехстепенного гироскопа с наружным кардановым подвесом двигатель ДНГ расположен на корпусе прибора.

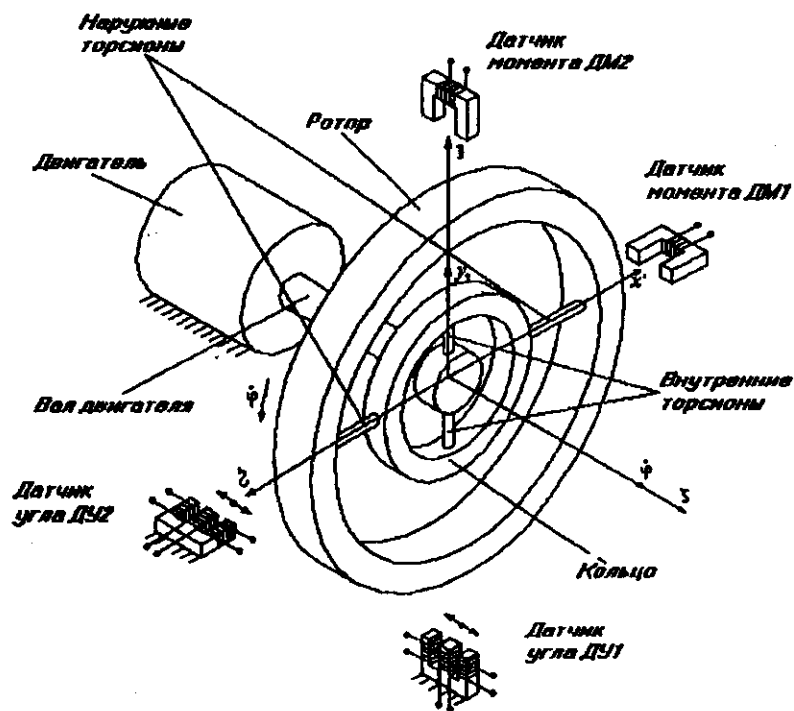


Рис. 1.1. Динамически настраиваемый вибрационный гироскоп с внутренним кардановым подвесом

При отсутствии собственного вращения гироскопа подвес обеспечивает упругую связь ротора с корпусом, что приводит к возникновению значительных моментов, действующих на ротор гироскопа, при относительном отклонении ротора и корпуса. Однако при вращении ротора, а вместе с ним и упругого подвеса эти моменты могут быть скомпенсированы центробежными инерционными моментами элементов подвеса, что приближает ДНГ к свободному гироскопу. Указанная компенсация обеспечивается при определенной скорости собственного вращения гироскопа, что объясняет его название.

Применение в ДНГ упругого карданова подвеса исключает сухое трение в опорах подвеса и связанную с ним зону нечувствительности, что повышает его точность.

Обычно ДНГ работают в режиме слежения корпуса гироскопа за угловым положением ротора (в гиросtabilизаторах) или ротора за положением корпуса (в датчиках угловой скорости — ДУС), и углы отклонения ротора от корпуса невелики. Угловое положение ротора ДНГ измеряют с помощью двух датчиков угла емкостного или индукционного типа.

Управление положением гироскопа осуществляется приложением управляющих моментов с помощью датчиков момента, обмотки которых расположены на корпусе прибора.

1.1. Кинематическая схема. Системы координат

ДНГ может быть представлен в виде механической системы из трех тел: ротора, кольца внутреннего упругого подвеса и вала двигателя, приводящего во вращение ротор гироскопа. Подвес ротора соединяет вал двигателя, кольцо и ротор двумя парами упругих торсионов. Таким образом, ротор гироскопа обладает тремя степенями свободы. Он может вращаться вокруг оси x' наружных торсионов, вокруг оси y' внутренних торсионов вместе с кольцом и вокруг оси z вала двигателя. Статор двигателя гироскопа установлен на корпусе. Ротор двигателя приводит во вращение вал с постоянной угловой скоростью ϕ . Через внутренние торсионы вращение вала передается на кольцо и далее через наружные торсионы — на ротор гироскопа. Для исследования движения ДНГ введем следующие правые системы координат.