

Уважаемая комиссия. Курсовой проект защищает
Студент группы ИУ2-89 Рабаданов Гасайни.

ЛИСТ 1

В соответствии с ТЗ необходимо было спроектировать гировертикаль на базе двухосного индикаторного гиостабилизатора. В качестве чувствительного элемента используется гироскоп с малым кинетическим моментом БГТУ.

Согласно ТЗ необходимо обеспечить статическую ошибку 0,6 угловых минут и обеспечить углы прокачки 20 градусов.

ЛИСТ 2

Переход к чертежу кинематическая схема

Посмотрим на кинематическую схему. Платформа заключена в двухосный карданов подвес, что обеспечивает ей 2 степени свободы (показать на чертеже). На платформе установлен чувствительный элемент БГТУ (показать на чертеже), система горизонтальной коррекции (показать на чертеже). Гироскоп установлен таким образом, чтобы ось вращения ротора была направлена вертикально вверх, а измерительные оси были параллельны осям стабилизации. Датчики угла гироскопа $ДУ_{\alpha г}$ и $ДУ_{\beta г}$, через преобразователь координат и усилители электрически связаны с датчиками моментов $ДС_{\alpha п}$ и $ДС_{\beta п}$ соответственно. Акселерометры электрически связаны с коррекционными датчиками момента $ДМ_{\alpha г}$ и $ДМ_{\beta г}$ соответственно. На осях карданного подвеса установлены двигатели стабилизации и датчики угла (показать на чертеже). На осях карданового подвеса расположены ДУ и ДС. Оси $X_{п}$ и $Y_{п}$, связанные соответственно с платформой и наружной рамой карданова подвеса, являются осями стабилизации.

Рассмотрим принцип стабилизации.

Предположим, что действует внешний момент вдоль оси x на платформу. Платформа, являясь негироскопическим телом начинает

равноускоренно вращаться вокруг этой же оси. При этом датчик угла гироскопа ДУ β г по оси x фиксирует угол рассогласования платформы и ротора гироскопа β п и подает сигнал через преобразователь и усилитель на ДС β п. Датчик момента создаст момент, пропорциональный углу β п и направленный в сторону, противоположную внешнему моменту. По окончании переходного процесса (в установившемся режиме) ДС β п создаст момент, равный по модулю внешнему возмущающему моменту, таким образом полностью его скомпенсировав и платформа остановится. Платформа будет находиться в отклоненном положении относительно исходного. Угол, фиксируемый на ДУ β г, является ошибкой стабилизации.

Рассмотрим принцип горизонтальной коррекции.

При отклонении оси ротора гироскопа от направления кажущейся вертикали вокруг оси Y п на угол ψ на выходе акселерометра A_x возникнет сигнал, поступающий на ДМ β г, который создаст момент, приложенный к ротору гироскопа вокруг оси X . В соответствии с правилом прецессии, вектор кинетического момента совместится с внешним моментом. Угловая скорость прецессии направлена вдоль оси Y . Платформа за счет системы стабилизации следит за положением гироскопа и будет поворачиваться вокруг этой же оси вместе с акселерометрами, в направлении уменьшения сигнала с этого акселерометра. Поворот происходит до момента, когда сигнал станет равным 0.

ЛИСТ 3

Переход к чертежу чувствительный элемент

Главный вид

Чувствительным элементом является бескарданный трехстепенной гироскоп управляемый. Особенностью такого гироскопа является отсутствие карданного подвеса, который заменяется сферическим подшипником (показать на главном виде поз.7), обеспечивающим маховику (показать на чертеже поз.4) три степени свободы, одну неограниченную вокруг одной оси

(показать на чертеже), а две степени свободы в малых углах. Маховик гироскопа имеет колоколообразную форму (показать на чертеже поз. 4). Статор закреплен на внешнем кольце сферической шарикоподшипниковой опоры. На маховике гироскопа также закреплен ротор датчика угла (показать на чертеже поз. 12), который является одновременно ротором датчика момента и выполнен в виде ферритового кольца. Для ограничения угла поворота ротора относительно корпуса используются упоры, которые реализованы в виде радиальных подшипников (показать на чертеже поз.10). То есть в отсутствие подшипников у нас быстровращающийся ротор касался неподвижного корпуса, а так как у нас стоят подшипники, то это касание будет проходить через подшипники и они будут сглажены. Гироскоп является газонаполненным, наполнен водородно-гелиевой смесью, что с одной стороны обеспечивает уменьшение аэродинамических моментов, а с другой стороны более равномерное распределение тепла внутри прибора.

Переход к другому виду на чертеже ЧЭ (правый вид)

Статоры датчика угла и датчика момента расположены так, как показано на чертеже (показать на чертеже поз. 3 и 2). Особенностью гироскопа является то, что оси чувствительности датчиков угла повернуты на 45 градусов (показать на чертеже) относительно осей вокруг которых создаются моменты. Для того, чтобы учесть это рассогласование этих осей используется преобразователь, который показан на кинематической схеме (показать на чертеже кинематики). В качестве датчиков угла используются индукционные датчики угла. В качестве датчиков момента используются электромагнитные датчики момента. Оба типа датчиков бесконтактные, то есть не прикладывают никакого момента трения к гироскопу.

(Рассказать про сферическую опору, то есть про эффект Жуковского)

За счет сферической опоры обеспечивается снижение момента трения вокруг осей перпендикулярных оси собственного вращения, то есть при этом дрейф также снижается, как скоро снижается момент трения.

(Знать про электромагнитные датчики момента)

Эффект Жуковского - момент трения направлен противоположно вектору относительной угловой скорости вращения колец шарикоподшипника и в данном случае практически не проектируется на оси чувствительности гироскопа.

Статор и ротор гиromотора изображены соответственно на чертеже, является синхронным гистерезисным.

Статор и ротор датчика момента изображены соответственно на чертеже, является электромагнитным

Статор и ротор датчика угла изображены соответственно на чертеже, является индукционным

ЛИСТ 4

Все элементы конструкции гиросtabilизатора представлены на чертеже общего вида:

- Платформа представляет собой объект стабилизации с чувствительным элементом, полуосями, балансировочными грузами и акселерометром
- Съём информации об углах крена и тангажа производится с помощью датчиков угла 15Д60-01
- Для ограничения углов прокачки на раме и на корпусе установлены упоры
- Для установки гиросtabilизатора предусмотрены крепежные отверстия на корпусе

ЛИСТ 5

Исследование устойчивости производим поканально, рассмотрим канал по оси наружной рамы

- Структурная схема нескорректированной системы изображена на чертеже
- Логарифмические амплитудо-фазочастотные характеристики нескорректированной системы показаны на чертеже. Отсюда видно, что

система находится на границе устойчивости, запас по фазе стремится к нулю, а запаса по амплитуде нет. Необходимо ввести две интегрирующе-дифференцирующие пары и апериодическое звено.

- Логарифмические амплитудо-фазочастотные характеристики скорректированной системы показаны на чертеже.
 - Переходной процесс нескорректированной системы изображен на чертеже.
 - Переходной процесс скорректированной системы изображен на чертеже.
- Установившаяся ошибка 0,58 угловых минут, запас по фазе ..., запас по амплитуде ..., время переходного процесса

По оси платформы исследование производится аналогичным образом.

ЛИСТ 6

Схема представлена элементами на платформе, на раме и на корпусе.

- Состоит из двух каналов стабилизации и двух каналов управления.
- Рассмотрим канал стабилизации. Сигнал с датчика угла гироскопа поступает на предварительный усилитель и преобразователь координат, далее проходит через гибкие токоподводы, выпрямляется, корректируется и усиливается, и подается на соответствующий датчик момента
- Рассмотрим канал управления. Сигнал с акселерометра через гибкие токоподводы поступает на канал выставки и далее выводится на рабем, где после подается на датчик момента гироскопа

ЛИСТ 7

Разработана электрическая схема сборки карданового подвеса.

Рассчитана размерная цепь.

Посчитан коэффициент технологичности.

Датчики угла.

Для регистрации угла поворота маховика в гироскопе БГТУ разработан трансформаторно-индукционный датчик угла, принципиальная схема конструкции которого показана на рис.2. Неподвижная (статорная) часть датчика угла (см. рис.2) представляет собой П-образный сердечник (1) из металлокерамики, на который одеты две одинаковые катушки (2); одна из этих катушек является обмоткой возбуждения, а вторая - сигнальной обмоткой. Датчик угла по каждому каналу гироскопа содержит два таких сердечника (1) с катушками (2), расположенных диаметрально и смещенных относительно осей чувствительности гироскопа на угол 45° . Ротором датчиков угла и одновременно датчиков момента гироскопа является ферритовое кольцо (3), закрепленное в торцевой части маховика.

Схема соединения обмоток датчиков угла показана на рис. 3.

Обмотки возбуждения датчика угла одного канала соединены последовательно подключены параллельно с обмотками возбуждения датчика угла другого канала к источнику переменного тока напряжением $8\pm 0,4\text{В}$ частоты $11600\pm 93\text{Гц}$. Сигнальные обмотки вместе с резисторами R1, R2 (канал У) или R3, R4 (канал Z) образуют мостовую схему. Съем выходного сигнала датчика угла осуществляется с диагонали мостовой схемы, образованной средними точками сигнальных обмоток и резисторов.

При подаче напряжения питания на обмотки возбуждения датчика угла на сигнальных обмотках трансформируется напряжение. Суммарная величина этого напряжения на обеих сигнальных обмотках практически не зависит от положения маховика (при малых углах поворота) и выполняет роль напряжения питания мостовой схемы.

Воздушные зазоры между ферритовым кольцом (3) и сердечниками (1) датчика угла при нейтральном положении маховика равны, индуктивности обеих сигнальных обмоток одинаковы и мост сбалансирован.

При повороте маховика относительно нейтрали указанные воздушные зазоры изменяются: для одного сердечника воздушный зазор увеличивается, а для другого уменьшается. При этом индуктивность одной сигнальной обмотки увеличивается, а другой – уменьшается. В результате этого баланс моста нарушается и на выходной диагонали мостовой схемы появляется напряжение, пропорциональное углу поворота маховика. Изменение направления поворота маховика вызывает изменение фазы выходного напряжения на 180° , т.е. характеристика датчика угла является реверсивной. Резисторы R5 (канал У) и R6 (канал Z), подключаемые при необходимости параллельно одному из резисторов, образующих плечи мостовой схемы, обеспечивают регулировку (требуемое смещение) «нулей» датчиков угла.

Выбранные датчики угла сочетают в себе преимущества трансформаторных и индукционных датчиков. Они не создают относительно измерительной оси момента сил сухого трения, т.к. являются бесконтактными, а моменты, обусловленные силами притяжения ротора к сердечникам, направлены в противоположные стороны и поэтому почти полностью взаимно компенсируются. Трансформаторная развязка мостовой схемы от источника питания и «заземление» одного из выходных проводников датчика позволили значительно снизить уровень помех (наводок) в сигнале. В соответствии с требованиями датчики обеспечивают регулировку «нуля». Кроме того они просты в изготовлении и надежны в эксплуатации.

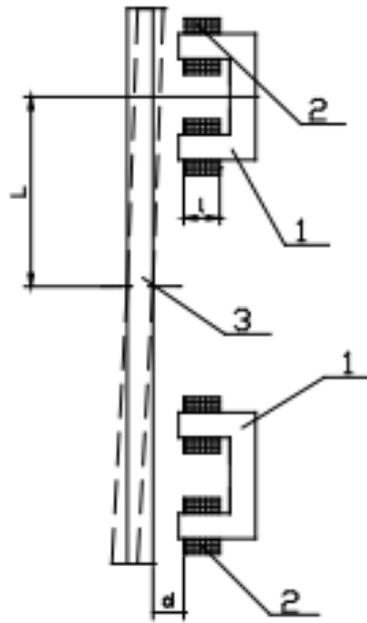


Рисунок 2.

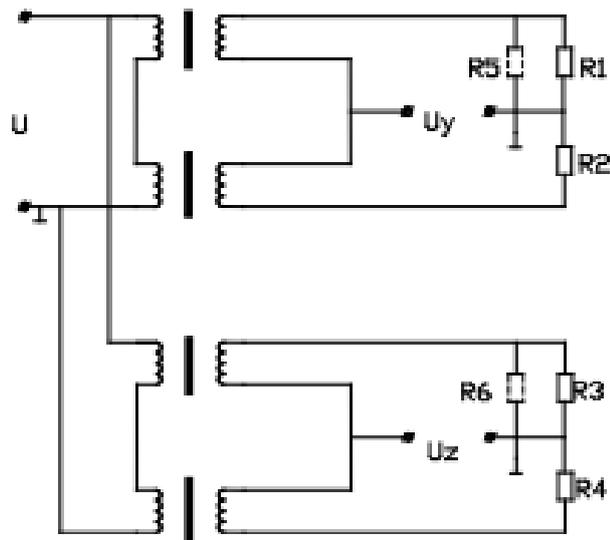


Рисунок 3.

Датчики момента.

Для создания управляющих моментов в гироскопе БГТУ используются электромагнитные датчики момента, работающие на постоянном токе. Конструктивно датчик момента, изображенный на рис. 4, подобен датчику угла и содержит по каждому каналу два диаметрально расположенных на плате и совмещенных с осями чувствительности гироскопа сердечника (1) из

металлокерамики. На средний стержень каждого сердечника, имеющего Ш-образную форму, надета катушка управления (2). Ротором, общим для датчиков угла и датчиков момента, является ферритовое кольцо (3).

Главные достоинства электромагнитных датчиков заключаются в их конструктивной и технологической простоте и возможности получения значительных по величине моментов (в случае питания постоянным током). Кроме того выбранная конструкция датчиков момента позволяет значительно сократить габариты гироскопов благодаря рациональному размещению в общих небольших габаритах элементов датчиков момента и использованию для них общего ротора. Особенностью электромагнитных датчиков момента является также квадратичная зависимость момента от тока управления.

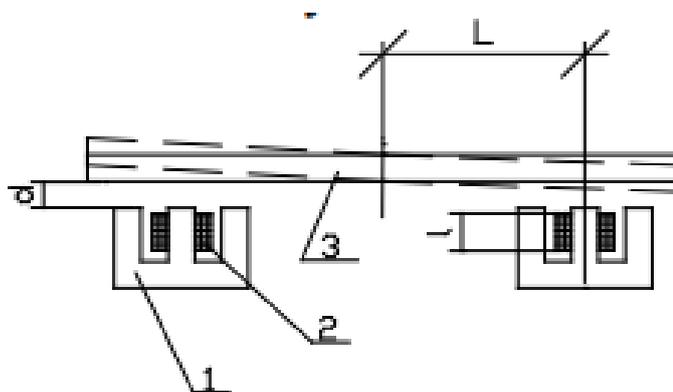


Рисунок 4.

Гиродвигатель.

Гиродвигатель является одним из основных узлов гироскопа и оказывает непосредственное влияние на его точностные характеристики (температурная стабильность, постоянство частоты вращения, поля рассеяния и т.д.).

В связи с жесткими требованиями по величине дрейфа и стабильности скорости управления гироскопа в качестве приводного гиродвигателя был выбран синхронный гистерезисный двигатель (СГД), работающий в режиме

перевозбуждения (для улучшения энергетических показателей двигателя и его стабильности в целом).

Электромагнитный момент гистерезисного двигателя связан с гистерезисом перемагничивания активной части ротора, которая выполняется из магнитотвердого материала в виде пустотелого цилиндра, лишенного явно выраженных полюсов и какой-либо обмотки. В гироскопе БГТУ активная часть ротора изготавливается сплошной из металлокерамического магнитотвердого материала. Статор гистерезисного двигателя монолитный, изготовленный методами порошковой металлургии, с уложенной в пазы трехфазной обмоткой. Материал ротора гистерезисного двигателя первоначально не намагничен, он намагничивается непосредственно при помощи поля статора. При повороте магнитного поля статора между ним и наведенными на роторе полюсами появляется пространственный сдвиг, обусловленный гистерезисом перемагничивания материала ротора, и возникает электромагнитный момент (ротор как бы стремится совместить свой собственный вектор магнитной индукции с вектором магнитной индукции статора). В процессе пуска и разгона, когда ротор вращается с меньшей скоростью, чем скорость поля, материал ротора перемагничивается и в нем выделяются потери пропорциональные скольжению. При синхронизации ротора и поля потери на перемагничивание магнитного материала уменьшаются (практически отсутствуют) и двигатель работает как синхронный с магнитным возбуждением.

Одним из основных недостатков гистерезисного привода является нестабильность магнитного состояния ротора вследствие его постоянного намагничивания и малое значение коэффициента мощности из-за того, что значительная часть мощности подводимой к статору необходима для перемагничивания ротора. Для повышения энергетических показателей двигателя (коэффициента мощности и КПД), а также для стабилизации магнитного состояния ротора применяется режим перевозбуждения

гистерезисного двигателя для повышения намагниченности ротора. Метод перевозбуждения осуществляется повышением напряжения питания на время пуска с последующим снижением его в рабочем режиме до номинального значения. Принцип работы синхронного гистерезисного двигателя в режиме перевозбуждения аналогичен работе синхронного двигателя постоянными магнитами (на роторе). Помимо улучшения энергетики двигателя, при применении режима перевозбуждения также снижаются возмущающие моменты, обусловленные полями рассеяния при перемагничивании ротора (моменты тяжения двигателя), приводящие к образованию постоянной составляющей увода гироскопа. Питание гистерезисного двигателя осуществляется от статического преобразователя напряжения питания, имеющего стабильную частоту, что позволяет достичь высокой стабильности скорости вращения ротора двигателя и, следовательно, кинетического момента гироскопа.

Напряжение питания двигателя имеет квазипрямоугольную форму с наложенными в рабочем режиме на основной сигнал импульсами перевозбуждения для стабилизации магнитного состояния ротора и поддержания его работы в режиме перевозбуждения (импульсное регулирование СГД в режиме перевозбуждения по определенной заранее программе).

В процессе разработки гиродвигателя был использован целый ряд изобретений. Ротор двигателя изготовлен из магнитотвердого сплава на основе железа, защищенного авторским свидетельством СССР №629774.