

Лекция № 8

Раздел 1. Гироскопические приборы и системы Тема 1.2 Авиагоризонты и гировертикали

Гировертикали с силовой гироскопической стабилизацией

- 8. Сравнительный анализ авиагоризонтов и гировертикалей
- 9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

8. Сравнительный анализ авиагоризонтов и гировертикалей

Гировертикали, или авиагоризонты, представляют собой гироскопические устройства, предназначенные для измерения углов крена и тангажа ЛА.

Широкое применение гироскопических приборов привело к необходимости использования одного гироскопа в качестве датчика сигналов об угловом положении самолета сразу для нескольких потребителей. При этом потребовалось нагружать оси рам гироскопов сразу несколькими датчиками. В других случаях рамы подвеса гироскопа используются в качестве основания для крепления устройств, положение которых в пространстве необходимо стабилизировать, например антенн, прицелов, акселерометров инерциальных навигационных систем. Во всех этих случаях оси рам гироскопа оказываются сильно нагруженными либо моментами датчиков, либо моментами трения.

8. Сравнительный анализ авиагоризонтов и гировертикалей

Нагрузка осей рам подвеса гироскопа приводит к значительному понижению точности его стабилизации. Для повышения точности стабилизации гироскопа используется принцип силовой гироскопической стабилизации, предложенный в 1924 г. С. А. Ноздровским.

Для ручного пилотирования в указателях авиагоризонтов стремятся обеспечить наглядную индикацию положения ЛА относительно горизонтальной плоскости. При этом достаточна точность измерения углов крена и тангажа порядка $1^{\circ} \dots 2^{\circ}$. Точностные требования к сигналам крена и тангажа, выдаваемым в системы автоматического управления полетом, более высоки (около $0,5^{\circ}$). В ряде случаев (для стабилизации прицелов и астропеленгаторов) требуется существенно большая точность. Современные гировертикали обеспечивают точность измерения углов крена и тангажа порядка $15 \dots 30$ угловых минут в полете без ускорений. При маневрировании ЛА их точность заметно снижается.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

На борту ВС имеется ряд устройств, требующих стабилизации заданного углового положения в пространстве: аэрофотоаппараты, антенны радиолокаторов, акселерометры инерциальных навигационных систем и другие объекты, а также элементы датчиков, выдающих информацию об угловом положении самого ЛА.

Обеспечить стабилизацию какого-либо ОС на подвижном объекте (основании) - это значит создать условия достижения независимости его угловой ориентации в инерциальном пространстве от угловой ориентации объекта, а также обеспечить невозмущаемость ОС силами и моментами, возникающими при движении объекта.

Эта задача на борту ЛА может быть решена созданием специальных систем стабилизации, основными элементами которых являются гироскопы, обеспечивающих искусственное формирование сил и моментов, уравнивающих внешние возмущающие моменты, действующие на тело.

Такие системы стабилизации носят название **гироскопических стабилизаторов**.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

15

Классификация. Гироскопические стабилизаторы (ГС), применяемые на ЛА, могут классифицироваться по самым различным признакам:

- типу (способу) стабилизации;
- функциональной полноте стабилизации (т.е. количеству осей стабилизации), типу применяемых гироскопов;
- числу гироскопов;
- функциональному назначению и др.

По количеству осей стабилизации ГС могут быть: одноосными, двухосными и трехосными. Стабилизируемый элемент, на который устанавливаются объекты стабилизации, называют **платформой**. С помощью карданова подвеса платформа может иметь соответственно одну, две или три степени свободы относительно основания, чем и определяется число осей стабилизации.

По типу (способу) стабилизации ГС могут быть: непосредственного, силового и индикаторного типа.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

В ГС непосредственного типа стабилизация осуществляется за счет моментов гироскопической реакции, прикладываемых непосредственно к платформе со стороны установленных на ней гироскопов при появлении моментов внешних сил.

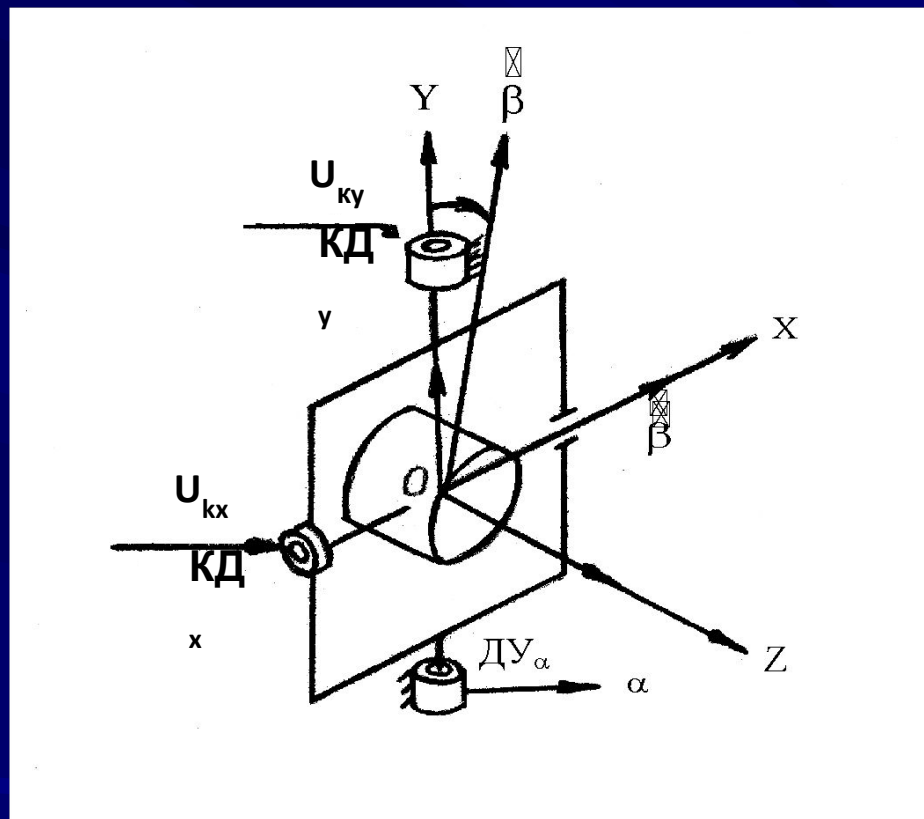
В силовых ГС стабилизация осуществляется как гироскопическими моментами, так и моментами, прикладываемыми к платформе специальными стабилизирующими (разгрузочными) двигателями. Управление ими осуществляется по сигналам гироскопических чувствительных элементов, образующих совместно с усилительно-преобразующими элементами и стабилизирующими двигателями цепи обратной связи ГС - каналы стабилизации (цепи разгрузки). При необходимости эти каналы могут включать в себя корректирующие устройства, улучшающие их динамические характеристики.

В индикаторных ГС гироскопы выполняют роль хранителя направлений, по которым ориентируется стабилизируемый элемент. Компенсация внешних возмущающих моментов производится только за счет работы системы разгрузки.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

13

Одноосные гиростабилизаторы непосредственного типа (ГС НТ)



В ГС НТ стабилизируемое тело приобретает свойство невозмущаемости внешними моментами благодаря свойствам гироскопической реакции. Внешний возмущающий момент в таких ГС уравнивается только гироскопическим моментом ротора гироскопа.

Стабилизируемым телом является внешняя рама карданова подвеса и связанный с ней ротор датчика угла $ДУ_{\alpha}$. Осью стабилизации является ось OY системы координат $OXYZ$, связанной с корпусом (основанием).

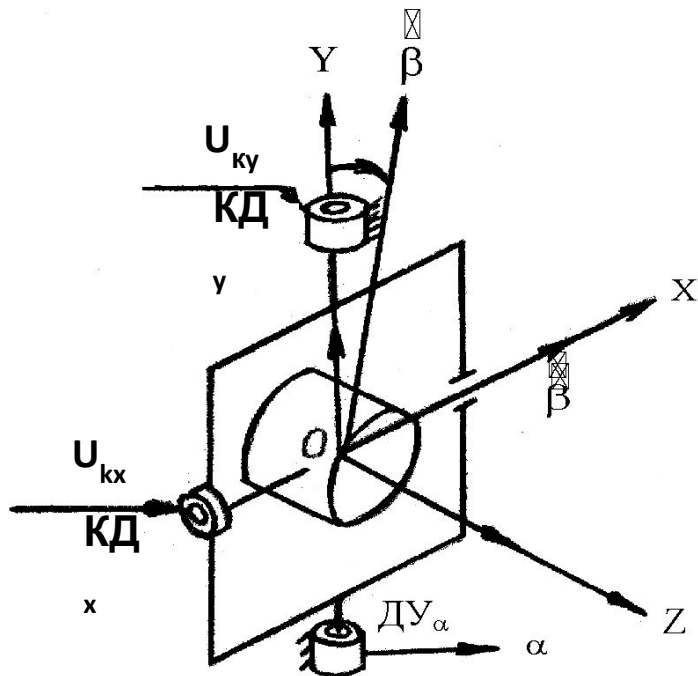
9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

12

Одноосные гиростабилизаторы непосредственного типа (ГС НТ)

Режим стабилизации.

При развороте основания ГС вокруг оси OY с некоторой угловой скоростью вследствие неидеальности подшипников подвеса внешней рамки к ней будет приложен момент сил трения (момент внешних сил), стремящийся развернуть её, а также гирузел, вслед за основанием.



Ротор под действием момента внешних сил, приложенных относительно оси OY , начинает прецессировать вокруг оси OX с угловой скоростью β , вызывая тем самым появление гироскопического момента, направление которого противоположно внешнему возмущающему моменту.

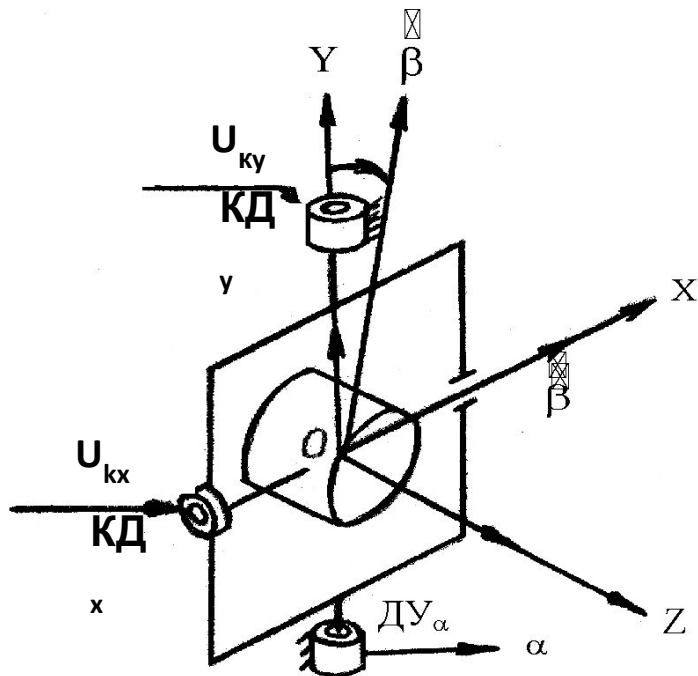
9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

10

Одноосные гиростабилизаторы непосредственного типа (ГС НТ)

Режим коррекции.

Коррекция одноосных ГС непосредственного типа может проводиться двумя способами. Первый способ - организация прецессии гироскопа вместе со стабилизируемым телом за счет приложения корректирующего момента к гироскопу с помощью специального датчика момента (коррекционного двигателя).

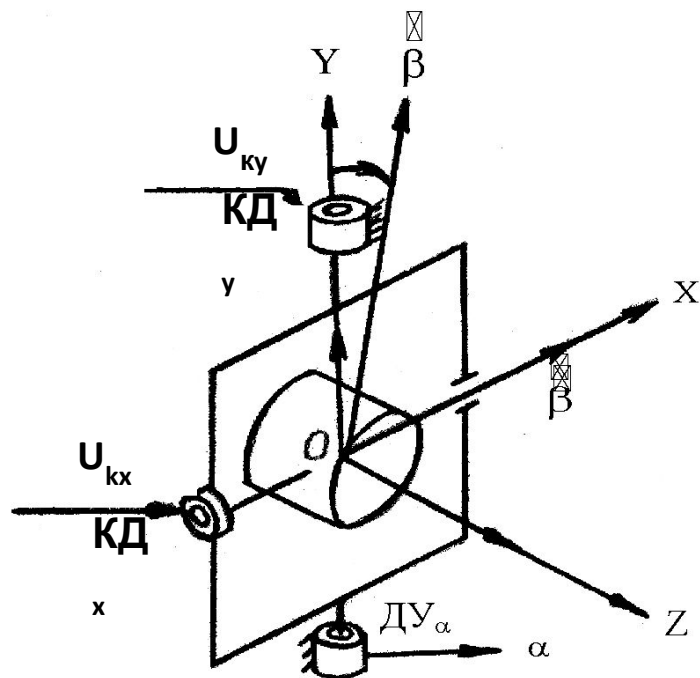


Второй способ состоит в дополнительном повороте стабилизируемого тела относительно рамы карданова подвеса, стабилизируемой ротором гироскопа, на угол и со скоростью, позволяющими устранить ошибку воспроизведения заданного направления.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

9

Одноосные гиростабилизаторы непосредственного типа (ГС НТ)



Режим коррекции.

При любом способе коррекции корректирующие цепи включают в себя следующие элементы:

- чувствительные элементы, выдающие сигналы коррекции (жидкостные маятниковые датчики, сельсин-датчики, потенциометрические датчики);
- исполнительные элементы, обеспечивающие разворот стабилизируемого тела (корректиционные двигатели, датчики момента);
- промежуточные элементы (усилители, преобразователи сигналов).

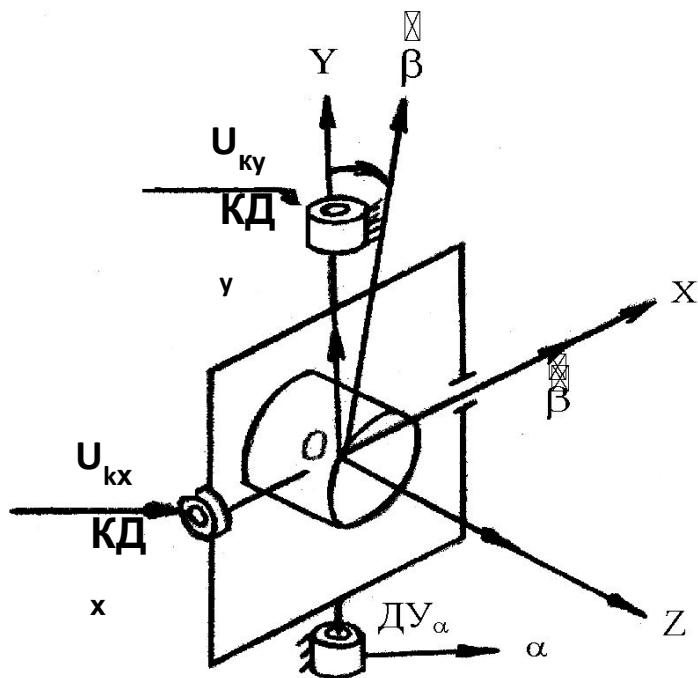
9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

8

Одноосные гиростабилизаторы непосредственного типа (ГС НТ)

Режим коррекции.

При необходимости скорректировать внешнюю раму (т.е. изменить её угловое положение относительно оси стабилизации OY) на коррекционный двигатель $КД_x$ подается сигнал U_{kx} необходимой величины и полярности. Коррекционный двигатель прикладывает к гироузлу корректирующий момент относительно оси OX , заставляя гироузел и внешнюю раму прецессировать относительно оси OY до устранения ошибки стабилизации.

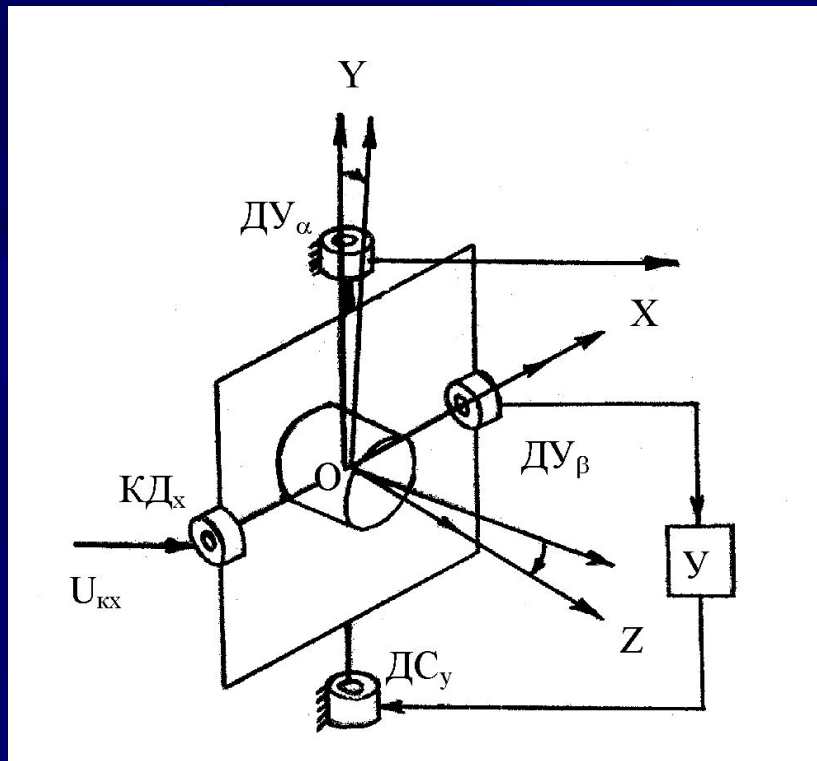


Этот способ коррекции эффективен лишь при малых моментах сопротивления вращению относительно оси стабилизации

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

7

Одноосные гиростабилизаторы силового типа (ГС СТ)

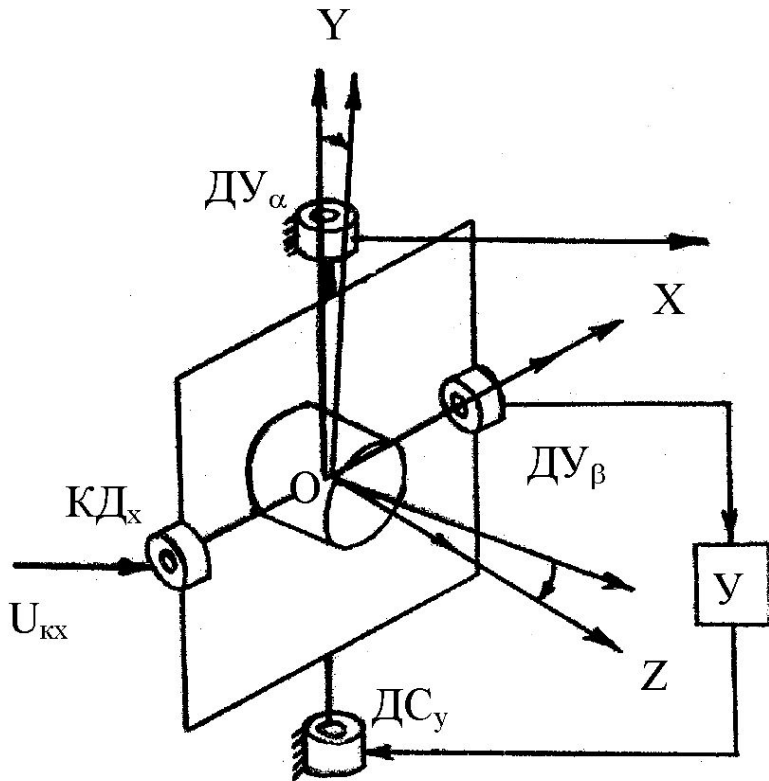


Существенное ограничение ГС НТ снимается в одноосных ГС СТ, у которых возмущающему моменту внешних сил противопоставлен не только гироскопический момент ротора гироскопа, но и момент разгрузочного двигателя

На оси стабилизации располагается двигатель силовой разгрузки (двигатель стабилизации) $ДС_\gamma$, управляемый от датчика прецессии $ДУ_\beta$ через усилитель $У$. Датчик угла, усилитель и двигатель стабилизации образуют цепь силовой разгрузки.

3.2. Гиростабилизаторы

Одноосные гиростабилизаторы силового типа (ГС СТ)



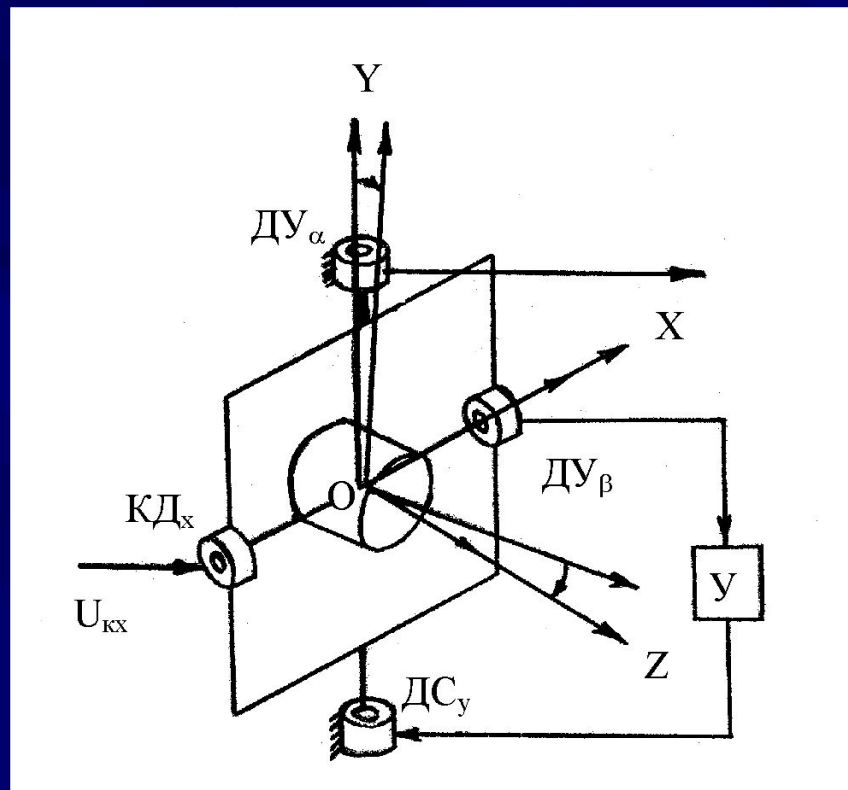
Режим стабилизации.

При приложении к внешней раме момента внешних сил $M_{вну}$ по оси OY гироскоп начинает прецессировать относительно оси OX . В соответствии с правилом прецессии при положительном моменте $M_{вну}$ вектор угловой скорости прецессии ω_x будет направлен по оси OX в отрицательном направлении. Гироскопический момент в этом случае будет направлен противоположно моменту внешних сил.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

5

Одноосные гиростабилизаторы силового типа (ГС СТ)



Режим стабилизации.

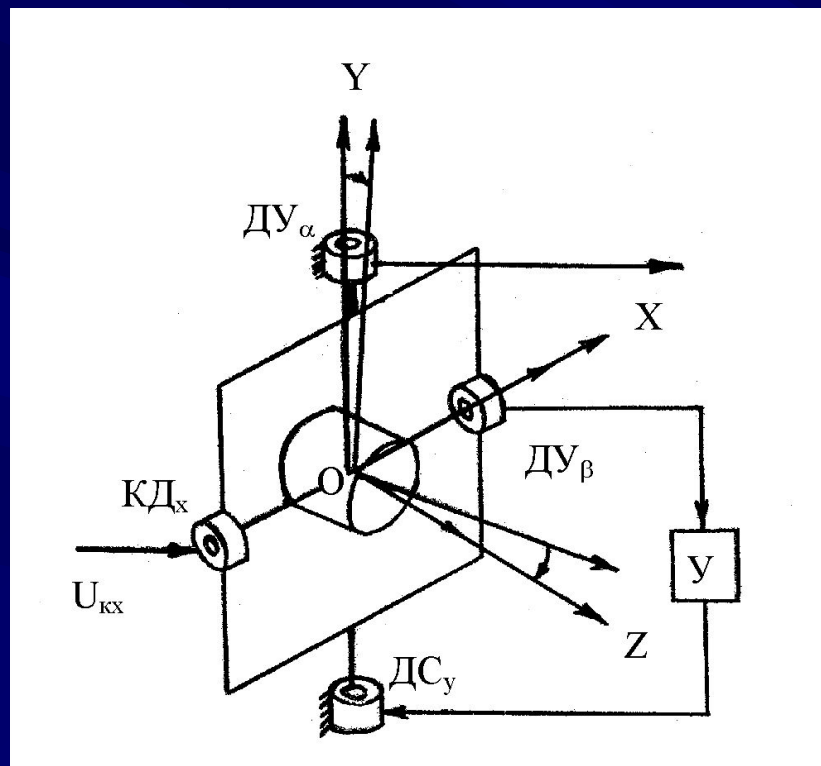
В результате внешняя рама остаётся невозмущенной благодаря возникновению гироскопического момента M_{gy} , уравнивающего момент $M_{вну}$. Вместе с тем, вследствие поворота гиروزла вокруг оси OX на угол β , на датчике $ДУ_{\beta}$ появится сигнал, который после усиления поступает на двигатель стабилизации $ДС$.

Электрическое соединение датчика $ДУ_{\beta}$ и управляющих обмоток двигателя $ДС_{\gamma}$ выполнено таким образом, что развиваемый двигателем стабилизации момент $M_{дс}$ направлен против внешнего возмущающего момента $M_{вну}$, поэтому в переходном режиме внешнему возмущающему моменту противодействуют как гироскопический момент ротора гироскопа M_{gy} , так и момент, развиваемый двигателем стабилизации $M_{дс}$.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

4

Одноосные гиростабилизаторы силового типа (ГС СТ)



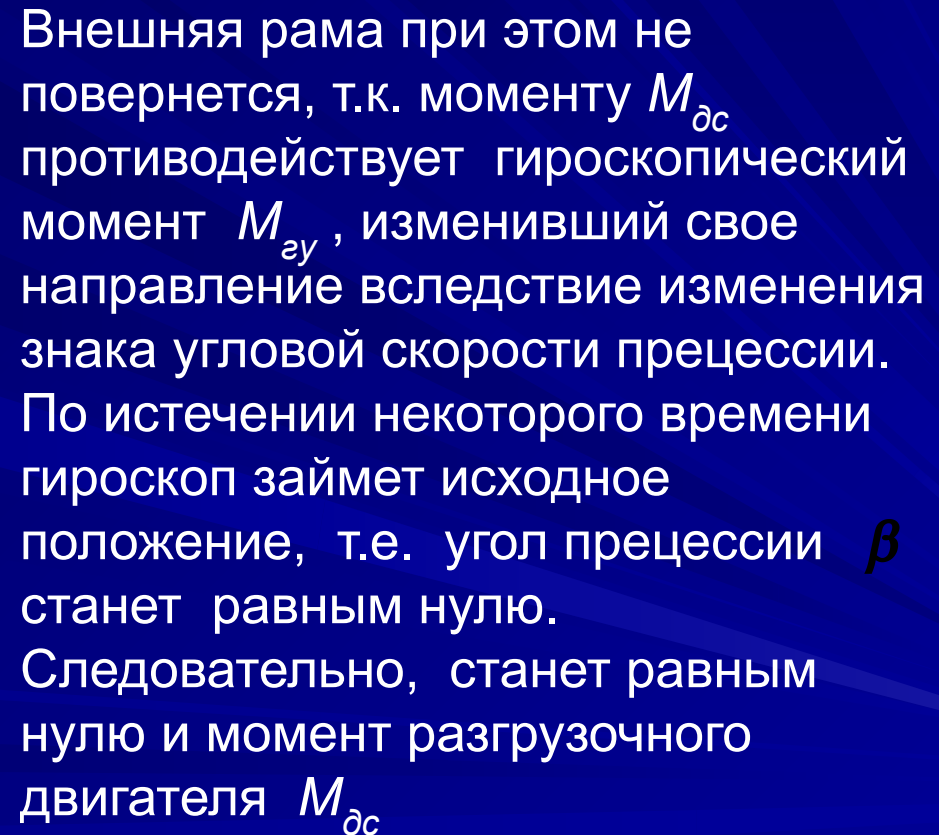
Режим стабилизации.

Процесс этот продолжается до тех пор, пока гиروزел не повернется относительно оси OX на такой угол β , при котором сигнал с датчика угла $ДУ_\beta$ будет достаточным для того, чтобы разгрузочный двигатель развил момент M_{dc} , равный по величине моменту внешних сил. При этом прецессия гиروزла прекратится и гироскопический момент станет равным нулю, т.к. суммарный момент активных сил, действующих на гиروزел, становится равным нулю.

После прекращения действия внешнего возмущающего момента на внешнюю раму продолжает действовать момент разгрузочного двигателя M_{dc} , который вызывает прецессию гиروزла в обратную сторону.

3

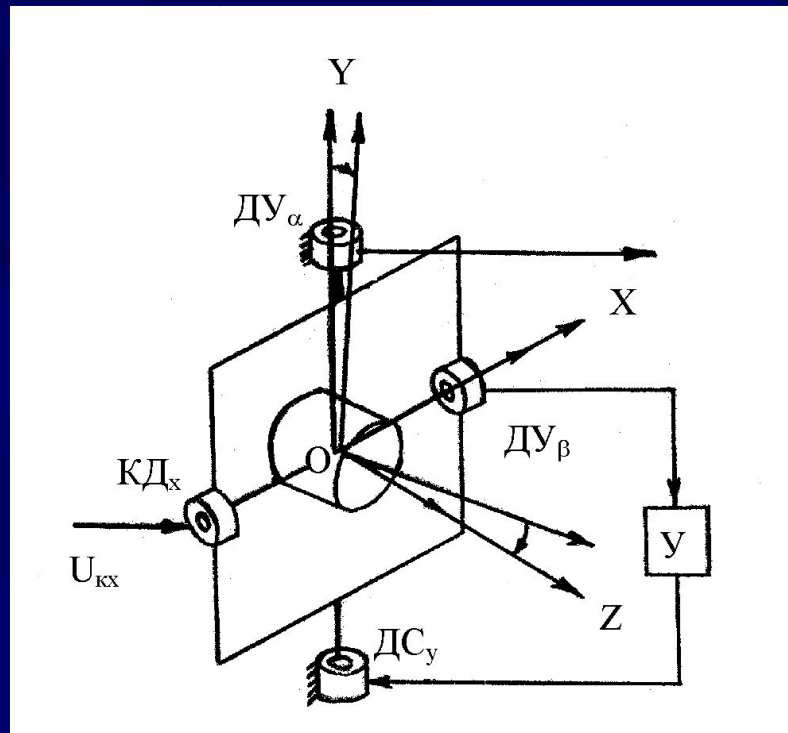
Режим стабилизации.



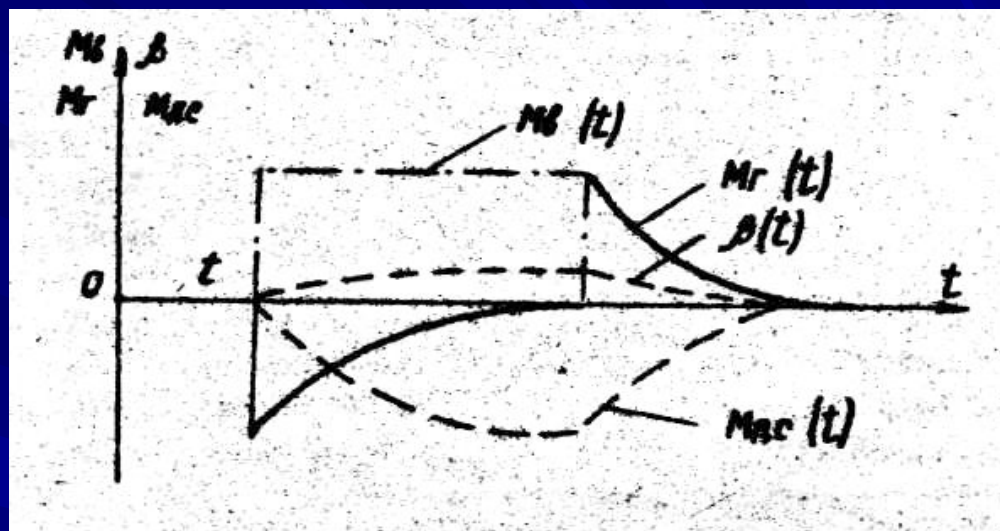
9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации

2

Одноосные гиростабилизаторы силового типа (ГС СТ)

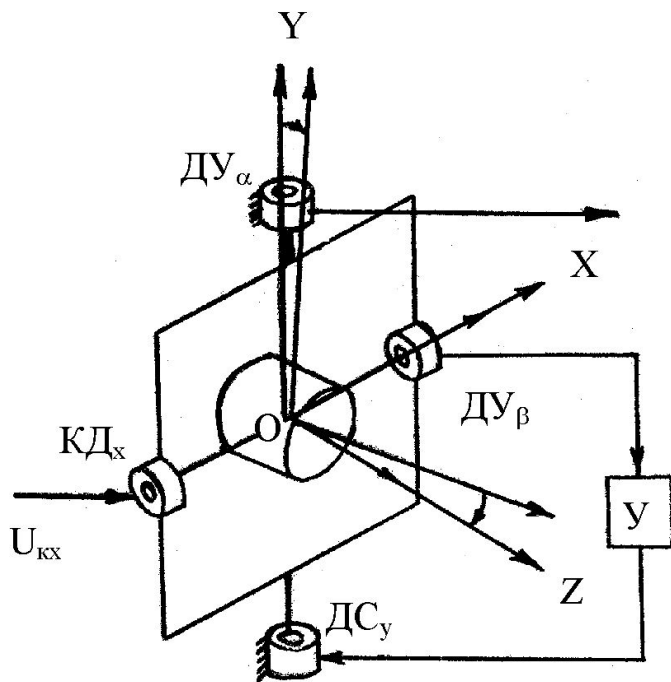


Режим стабилизации.



Главные преимущества силового ГС перед ГС непосредственного типа. Если в ГС НТ при ступенчатом приложении возмущающего момента значение угла прецессии возрастает вплоть до совпадения оси собственного вращения гироскопа с осью стабилизации (при этом ГС уже не в состоянии обеспечить стабилизацию), то в силовом ГС угол прецессии возрастает только до определенной величины, пропорциональной установившемуся значению возмущающего момента.

9. Принцип действия силовой гироскопической стабилизации ¹



Режим коррекции.

Коррекция одноосного ГС силового типа осуществляется в основном аналогично коррекции одноосного ГС НТ. Особенностью является участие в процессе коррекции системы силовой разгрузки, что обеспечивает возможность успешной реализации коррекции при наличии существенных моментов сил сопротивления вращению стабилизируемых тел относительно оси стабилизации.

При подаче на коррекционный двигатель $КД_x$ сигнала $U_{кx}$ внешняя рама начинает прецессировать относительно оси OY . Возникающий при этом момент сил сопротивления вращению относительно этой оси заставляет гиروزел прецессировать относительно оси OX , вызывая тем самым появление сигнала с датчика угла $ДУ_\beta$. Этот сигнал, усиливаясь, поступает на двигатель стабилизации $ДС_y$, который прикладывает к внешней раме момент, противоположный моменту сил сопротивления вращению, облегчая тем самым режим коррекции.