**Разработка и исследование методов уменьшения влияния зоны захвата при работе лазерного гироскопа.**

В сочетании с акселерометрами лазерные гироскопы (ЛГ) нашли широкое применение в бесплатформенных инерциальных навигационных системах (БИНС), позволяющих с высокой точностью определять углы ориентации подвижного объекта.

Главной проблемой при работе ЛГ является наличие зоны захвата, которая определяется качеством отражающих зеркал. Увеличение коэффициента отражения связано с большими материальными затратами и технологическими трудностями.

Наибольшее распространение для борьбы с зоной захвата получил метод так называемой «вибрационной частотной подставки» (ВЧП). При этом методе ЛГ закрепляется на упругом подвесе и с помощью электромагнитного или пьезоэлектрического моментного устройства подвергается принудительным угловым колебаниям.

На сегодняшний день практически единственным способом снижения зоны захвата является амплитудная модуляция колебаний резонатора квази-случайной периодической функцией (ошумление частотной подставки). Модулирующая функция выбирается таким образом, что амплитуды колебаний оказываются нормально распределенными, а их автокорреляционная функция быстро затухает.

Основным недостатком ВЧП является то, что при прохождении резонатором в процессе колебаний зоны малых скоростей возникают погрешности, вызываемые захватом, при постоянной частотной подставке эти погрешности приводят к постоянному дрейфу, зависящему от измеряемой скорости, а при ошумлении - к случайным погрешностям, близким к белому шуму.

Поскольку сигналы ЛГ, как правило, используются после интегрирования, интегрируются и рассматриваемые погрешности. Как известно, интеграл белого шума является нестационарным процессом, дисперсия которого линейно растет со временем. Таким образом, в составе сигнала прибора появляется возрастающая по закону t0.5- погрешность, которая определяет точность прибора.

С целью исследования характера поведения зоны захвата при работе с вибрационной частотной подставкой была предложена модификация уравнения классического уравнения ЛГ гироскопа.

ψ/+Ω0sinΨ= Ω1+ Ω2sin(νt) (1),

где Ω0- граница полосы синхронизации в отсутствии колебаний ВЧП; Ω1- измеряемая скорость, вызванная вращением лазера; Ω2- амплитуда колебаний ВЧП; ν- частота колебаний подставки.

Второй член в левой части уравнения отражает влияние захвата, которое сводится к нелинейному демпфированию процесса. При этом в зависимости от разности фаз двух встречных волн возможно как демпфирование, так и антидемпфирование.

 Для анализа влияния зоны захвата в уравнение (1) была включена случайная ВЧП. При наличии частотной подставки влияние захвата проявляется, в основном, при малых угловых скоростях, т.е при максимальных отклонениях резонатора от положения равновесия. Следовательно, логично ожидать, что на данном такте частотной подставки погрешности формируются во время прохождения резонатором амплитудных значений угла. Это предположение было подтверждено для нулевой угловой скорости. Показано, что в районе механических экстремумов (90о и 270о) ошибка максимальна. Данный факт обосновывает предположение о том, что ошибки, из-за которых формируется белый шум в сигнале ЛГ, возникают в моменты прохождения резонатором амплитудных значений угла колебаний. Следовательно, величина и знак погрешности на каждом такте ВЧП определяются положением амплитудных значений углов резонатора на фазовой плоскости оптических колебаний или, что то же самое, относительно итерференционной картины на фотоприемнике.

Ошибки измерения, особенно в районе механических экстремумов, определяют главную погрешность вносимою вибрационной частотной подставкой называемой случайным дрейфом. Для борьбы со случайным дрейфом предлагалось большое количество различных фильтров. Оптимальным в классе линейных является фильтр, реализующий простое осреднение сигнала. Предлагались также нелинейные фильтры, однако всегда оказывалось, что они недопустимым образом искажают сигнал. Практически единственным способом борьбы с рассматриваемой случайной составляющей погрешности в настоящее время является увеличение длительности наблюдения. Ошибка измерения угла растет пропорционально корню квадратному из времени, а погрешность определения угловой скорости падает по тому же закону.

Рассмотренный способ фильтрации, являясь, оптимальным, все же крайне неэффективен. Для повышения точности в N раз требуется в N2 раз больше времени.

Поэтому актуальной представляется задача поиска альтернативных путей уменьшения шумовой составляющей погрешности ЛГ, не требующих увеличения времени измерения. Решение поставленной задачи позволило бы уменьшить время готовности инерциальных систем, повысить быстродействие лазерных компасов и т.д. с одновременным улучшением точности приборов.

Фильтрация белошумовой составляющей дрейфа малоэффективна и поэтому способы борьбы с этой погрешностью следует искать не среди методов обработки выходного сигнала гироскопа, а на путях подавления условий, способствующих ее возникновению.

В рамках предложенной выше математической модели целесобразно исследовать величину дрейфа ЛГ для различных законов ошумления частотной подставки (нормального, равномерного, а так же для различных коэффициентов корреляции амплитуд). Эта работа проводится авторами в настоящее время с целью выбора оптимального алгоритма ошумления механической частотной подставки.

Из теории известно , что существует целая последовательность значений амплитуды колебаний (амплитуды Бесселя), при которых ширина области синхронизации обращается в ноль.

В связи с чем представляет определенный интерес анализ выходной характеристики ЛГ Ψ(t) от величины амплитуды подставки Ω2, т.к. зависимость ширины области синхронизации не является монотонной и определения точности поддержания амплитуды подставки ϕБ, обеспечивающей исключение влияния зоны захвата.

Решение уравнения (1) показало, что, при поддержании ϕб с точностью 0.0001 можно измерять скорость порядка 0.001 o/час. Однако даже в этом случае имеется отклонение от истинного значения. Держать амплитуду колебаний ВЧП с такой точностью практически невозможно, и в прямом виде данный метод для измерения угловой скорости использован быть не может.

В идеальном случае, при угловой скорости захвата равной нулю, оптический и механический экстремумы совпадают. Чем больше скорость захвата, тем больше разность между экстремумами.

При этом при колебаниях относительно четной полосы оптический экстремум опережает механический, при колебаниях относительно нечетной полосы механический опережает оптический. В связи с этим необходимо осуществлять изменение полярности подачи импульсов, в зависимости от интерференционной полосы.

По мере увеличения амплитуды, но еще (ϕ<ϕб) появляется чувствительность к угловой скорости. Происходит постепенное смещение центра колебаний под действием угловой скорости. Следовательно, Δ1 перестает быть равной Δ2 и начинает действовать обратная связь, которая пытается парировать угловую скорость и симетрировать колебания. По выходному значению обратной связи появляется возможность измерять действующую угловую скорость.

Для адекватного описания переходных процессов происходящих при обнулении, а так же для выбора момента обнуления необходимо учитывать динамику вибрационной частотной подставки, которую целесобразно описать колебательным звеном.

Получена математическая модель ЛГ с обратной связью:

x/1=x2,

x/2=-(2πf)2 x1-2d x2+a0cos2πf t,

x/3== Ω1+sinψ+ x2+Σ(Δ2-Δ1) {уравнение лазерного гироскопа},

где a0=2dωB0=4dπ\*k\*Δ.

Предложена математическая модель кольцевого квантового генератора, позволяющая создать ЛГ нового поколения, удовлетворяющего требованиям к перспективным навигационным системам.

Показана возможность создания ЛГ с обратной связью, в котором пробным сигналом определяется отклонение амплитуды от значения амплитуды Бесселя, а так же влияние зоны захвата в данный момент. При помощи системы автоматического регулирования амплитуды колебаний и мгновенной разности фаз между встречными волнами осуществляется режим, при котором влияние захвата сводится к нулю, и повышается точность при существующем уровне технологии изготовления ЛГ.