

УДК 621.375.826

ПРОЦЕСС ВКЛЮЧЕНИЯ И ВЫХОДА НА РАБОЧИЙ РЕЖИМ ВИБРОПРИВОДА ЦИФРОВОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

Кривицкий П.Г., Исаев А.В., Матюшевский В.М., Оксенчук И.Д.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Цифровой малогабаритный лазерный гироскоп (далее ЦМЛГ) [1] является сложным по конструкции и функционированию устройством. Его характеристики определяются оптимальностью выбора значений ряда рабочих параметров.

Одной из основных подсистем электронного обеспечения ЦМЛГ формирует частотную подставку для создания невзаимности встречных волн в резонаторе кольцевого лазера (КЛ) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид КЛ

Эта подсистема подключается к виброподвесу (ВП) (рисунок 2) [2], на котором размещается КЛ.



Рисунок 2 – Виброподвес КЛ

Колебательные движения ВП приводят к возникновению разности частот встречных волн в КЛ, пропорциональной мгновенной угловой скорости его колебаний. Их типичная частота составляет 400–500 Гц, а амплитуда – 3–5 угл. мин.

Колебания виброподвеса возбуждаются за счет обратного пьезоэлектрического эффекта путем подачи периодического напряжения на обкладки пьезопластин, приклеенные к его лепесткам. Для драйвера вибропривода (ДВП) пьезопластины в качестве нагрузки представляют собой конденсаторы с суммарной емкостью 0,3–1 мкФ. Традиционно формирование сигнала виброподставки производилось аналоговыми электронными схемами. В настоящее время аналоговая электроника вытесняется цифровыми схемами с

применением широтно-импульсного управления (рисунок 3) [3].

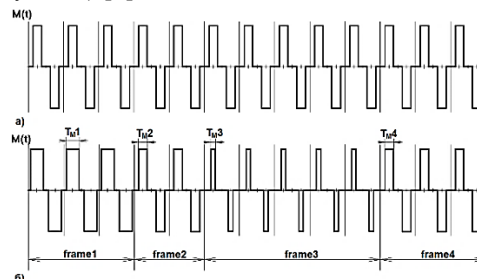


Рисунок 3 – Последовательность временных интервалов ШИМ в процессе проведения «ошумления» виброподставки: а) «ошумления» нет, б) зависимость величины момента $M(t)$ в режиме «ошумление»

Применение импульсного управляющего сигнала драйвера виброподвеса приводит к ударным воздействиям на пластины виброподвеса, вызывающим в них помимо основных крутильных колебаний вторичные высокочастотные гармоники. Эти колебания не вносят вклада в амплитуду частотной «подставки», поскольку моноблок КЛ на виброподвесе представляет собой высокочастотную колебательную систему с резонансной частотой около 400 Гц.

Кроме того, в ЦМЛГ применяется датчик углового положения (ДУП), конструктивно представляющий собой одну из пьезопластин виброподвеса, не подключенную к выходу ДВП. Эта пьезопластина подключена к входу схемы определения положения равновесия виброподвеса (датчика «нуля»), а также к входу АЦП для определения отклонения от положения равновесия в момент измерения мгновенного углового положения ЛГ. Акустические волны, вызванные импульсным сигналом возбуждения приводят к появлению модуляции в сигнале ДУП и, соответственно, к снижению точности определения «нулевого» положения и мгновенного углового положения моноблока КЛ относительно основания в момент измерения.

Поэтому в ЦМЛГ для возбуждения виброподвеса используется управляющий сигнал синусоидальной формы, формируемый на выходе ЦАП микроконтроллера, а ошумление частотной подставки производится путем изменения амплитуды управляющего сигнала по квазислучайному закону. Возможны различные способы ошумления: амплитуда подставки меняется как случайная величина в заданном диапазоне значений, либо имеются два значения амплитуды, которые переключаются случайным образом. В последнем случае можно ввести дополнительные поправки к случайному значению амплитуды

такие, чтобы среднее значение управляющего сигнала на заданных интервалах времени (например, 1 с) оставалось постоянным. Это позволяет точнее производить стабилизацию амплитуды при температурных уходах [4].

Имеется важная особенность – область применений ЦМЛГ включает инерциальные навигационные системы, в которых используется блоки чувствительных элементов с тремя жестко связанными на одном основании лазерными гироскопами (ЛГ) с взаимно перпендикулярными осями чувствительности к вращению (рисунок 4) [5].

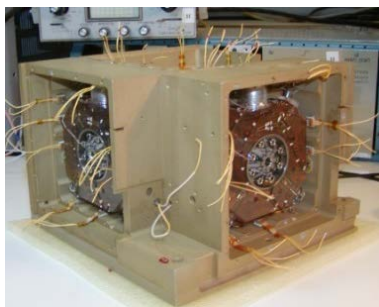


Рисунок 4 – Блок чувствительных элементов с тремя ЛГ

В этом случае образуется механическая колебательная система с тремя источниками возбуждения, связанными через общее основание. Необходимо разнести частоты виброколебаний всех трех ЛГ на 20–40 Гц. В противном случае будет наблюдаться перетекание колебательной энергии между ними и, как следствие, неконтролируемые амплитуды их раскачки. Это приводит к резкому ухудшению точностных характеристик ЛГ и навигационных систем на их основе.

Расчеты в работе [3] показывают: для импульсного управления виброподвесом обеспечивается

выход на установившееся значение амплитуды за доли секунды, что трактуется как достоинство такого способа управления. Однако при работе в блоке чувствительных элементов из трех ЛГ быстрая раскрутка их виброподвесов приводит к возникновению состояний такой совместной колебательной системы, спектральный состав которой и распределение типов колебаний по элементам конструкции невоспроизводимы от включения к включению. Это приводит к дополнительному разбросу показаний ЛГ и в разы понижает точность самовыставки навигационной системы. Поэтому для ЦМЛГ в программу микроконтроллера включен код, который обеспечивает плавное увеличение амплитуды колебаний виброподвеса от нуля до номинального значения за 1–2 с, что вполне допустимо для обеспечения типичного времени функциональной готовности 10–15 с.

1. Кривицкий П.Г., Матюшевский В.М., Оксенчук И.Д. Цифровой малогабаритный лазерный гироскоп. Материалы 9-й МНТК «Приборостроение-2016». – Мн.: БНТУ, 2016. – С. 82-83.
2. Filter wheels (dithering wheels) are the key components of ring laser gyroscopes. <http://www.mh-elec.com/photo-x.php?id=221>
3. Енин В.Н., Санеев В.И. Цифровой автогенератор виброподставки лазерного гироскопа. Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 05. С.154–177.
4. Кривицкий П.Г., Оксенчук И.Д. Влияние температуры на резонансную характеристику вибропривода кольцевого лазера. Материалы 13-й МНТК «Наука – образованию, производству, экономике» в 4 томах. Том 2. – Мн.: БНТУ, 2015. – С. 164.
5. Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Оксенчук И.Д. Адаптивная бесплатформенная инерциальная навигационная система. Пятый белорусский космический конгресс 25–27 октября 2011 года. Материалы конгресса. – ОИПИ НАН Беларуси, Минск. – Т. 2. – С.247-251.

УДК 621.375.826

СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО РЕЖИМА ВИБРОПРИВОДА ЦИФРОВОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА ПО ФАЗЕ МЕЖДУ СИГНАЛОМ УПРАВЛЕНИЯ ДРАЙВЕРОМ ВИБРОПРИВОДА И СИГНАЛОМ ДАТЧИКА УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ

Кривицкий П.Г., Исаев А.В., Матюшевский В.М., Оксенчук И.Д.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Важной частью цифрового малогабаритного лазерного гироскопа (далее ЦМЛГ) [1] является система частотной подставки вибрационного типа, включающая механическую часть – виброподвес (ВП) [2], и электронный блок его управления – драйвер вибропривода (ДВП). ВП обеспечивает угловые колебания кольцевого лазера (КЛ) вокруг его оси чувствительности с частотой 400 – 500 Гц и амплитудой 3 – 5 угл. мин. ДВП, управляемый через ЦАП микроконтроллера (МК), формирует синусоидальный сигнал возбуждения ВП,

который подается на пьезоэлектрические пластины, приклеенные к лепесткам ВП таким образом, что за счет обратного пьезоэлектрического эффекта происходит деформация лепестков ВП, приводящая к крутильным колебаниям приклеенного к ВП КЛ.

Экспериментально полученная резонансная характеристика ВП ЦМЛГ представлена на рисунке 1. Сдвинутая влево резонансная характеристика получена при сканировании частоты ВП в прямом направлении (с увеличением частоты), а сдвинутая вправо кривая – в обратном.