

ры, возможность одновременной работы в нескольких базисах, удобство контроля и резервирования и т. п.

Алгоритм ориентации может быть реализован на основе различных кинематических параметров: углов Эйлера-Крылова, направляющих косинусов, параметров Родрига-Гамильтона, параметров Кэли-Клейна, компонент-вектора Эйлера и других.

В ходе проделанной работы был разработан алгоритм численного интегрирования кинематического уравнения с параметрами Кэли-Клейна, проведено моделирование алгоритма в среде Mathcad. Также было установлено, что точность алгоритма с параметрами Кэли-Клейна не уступает широко применяемого алгоритма с кватернионами. Показана эффективность применения параметров Кэли-Клейна для реализации алгоритмов бесплатформенной системы ориентации.

### Литература

1. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. – М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992 – 280 с.

УДК 621.384.31

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ**

Студент гр. 121171 Серков И.В.

Кандидат техн. наук, доцент Алалуев Р.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Для решения задач ориентации, стабилизации и навигации подвижных объектов, эксплуатируемых в условиях больших диапазонов измерения параметров климатического и механического воздействий, в наибольшей степени удовлетворяет волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) с металлическим резонатором. Резонатор является чувствительным элементом ВТГ. Теория его работы известна и описана в литературе [1].

К настоящему времени принципиальные вопросы построения гироскопических приборов и систем практически решены, а основное внимание разработчиков направлено на оптимизацию их структуры, на оптимальную обработку первичной информации, на комплексирование различных источников информации, на внедрение цифровых измерителей и преобразователей информации, а также на снижение массогабаритных характеристик и энергопотребления систем в целом и их составных частей. Значительная роль в решении этих проблем принадлежит использованию вычислительной техники, как в процессе разработки, так и при испытаниях гироскопической техники.

В работе приводится список основных схем, которые реализует разработанное программное обеспечение (ПО): температурной стабилизации резонатора, представляющей собой двухступенчатую коррекцию; цифровых фильтров, построенных по методу скользящего среднего для отсеечения низких и высоких частот; демодуляции и модуляции отфильтрованного сигнала; формирования амплитуд сигналов компенсации кориолисовой и квадратурной составляющих посредством ПИ-регуляторов; передачи значения измеренной угловой скорости по интерфейсу SPI.

ПО разработано в программном пакете QUARTUS II для программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), т. к. они, в отличие от микроконтроллеров, во-первых, решают поставленные задачи быстрее; во-вторых, выполняет команды программы параллельно и независимо друг от друга. ПО написано на языке описания аппаратуры Verilog HDL.

### Литература

1. Распопов В.Я. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / В.Я. Распопов, И.А. Волчихин, А.И. Волчихин, А.В. Ладонкин, В.В. Лихошерст, В.В. Матвеев // Тула: Издательство ТулГУ. – 2018. – С. 189.

УДК 531

## ОТРАЖЕНИЕ S-ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ЭМ ВОЛНЫ ОТ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД ПРИ НАЛИЧИИ ТОКА

Студент гр. 10301220 Струков А.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрено падение парализованной в плоскости перпендикулярной плоскости падения (s-поляризация) электромагнитной (ЭМ) волны на границу раздела двух сред с электрическими и магнитными проницаемостями  $\epsilon$ ,  $\mu$  соответственно (рис.). Направление векторов напряженностей электрического поля  $E$ , магнитного поля  $H$ , и направление распространения волны соответствует правовинтовой системе. Пусть на поверхности протекает ток с поверхностной плотностью  $j$ . Согласно граничным условиям: для тангенциальных составляющих электрического поля:  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$  (1); для тангенциальных составляющих магнитного поля:  $H_{1\tau} = H_{2\tau} + j$  (2). Поскольку, напряженность магнитного поля является быстро осциллирующей функцией времени по сравнению с плотностью тока, уравнение (2) возвели в квадрат, и усреднили по времени за период колебаний, в результате получили для амплитуд:  $H_{1\tau}^2 = H_{2\tau}^2 + 2j^2$  (3). Согласно направлениям напряженностей полей в s-поляризованной волне, показанным на рис., получили систему уравнений: