

1. Менжини, М. Разработка надежных светодиодных источников освещения / М. Менжини, Г. Менжессо, Э. Занони, М. Да Лаго, Н. Тривеллин // Полупроводниковая светотехника, – 2013, №5, – С. 61–64.
2. Миранович, В. Мощные светодиоды: особенности применения, проблемы и методы решения на примере светодиодов компании Prolight Opto Technology / В. Миранович, И. Филоненко // Электронные компоненты, – 2007, №6, – С. 45–49.
3. Xi Y. Junction-temperature measurement in GaN ultraviolet light-emitting diodes using diode forward voltage method / Y. Xi, E.F. Shubert // Appl. Phys. Lett. – 2004. – Vol. 85. – P. 2163.
4. Y. Xi, J. – Q. Xi, Th. Gessmann, J.M. Shah, J.K. Kim, E.F. Schubert, A.J. Fisher, M.H. Crawford, K.H.A. Bogart, A.A. Allerman. Appl. Phys. Lett., 86, 031 907 (2005).
5. Пат. US 2010/0004892 A1 /Ming-Te LIN, Knang-Yu Tai, Jyh-Chen Chen, Farn-Shiun Hwu. Method for Measuring PN-Junction Temperature of Light-Emitting Diode; опубл. 14.01.2009. Бюл. № 12/353, 294.
6. Пат. US 2011/0031903 A1 / V.N. Hoang, R. Surdeanu, P. Bracken, B. Bataillou, D.V. Steenwinekel. System and method for estimating the junction temperature of a light emitting diode; опубл. 27.01.2009. Бюл. № 12/863, 744.
7. Пат. US 2010/0315019 / G. Hoogzaad, Schmitz, H. M. Wilhelmus, R. Surdeanu. Led driver circuit and method, and system and method for estimating the junction temperature of a light emitting diode; опубл. 27.01.2009. Бюл. № 12/863, 740.
8. Пат. US 2009/0306912 A1 / J.-C. Chen, F.-S. Hwu, G.-J. Sheu, K.-C. Chen, F.-L. Lin. Method of measuring LED junction temperature; опубл. 20.08.2008. Бюл. № 12/194, 591.
9. Пат. US 2008/0205482 A1 / D. Cao, Z. –H. Lin. Method and testing equipment for LEDs and Laser diodes; опубл. 23.02.2007. Бюл. № 11/678, 243.
10. Патент № 2011147653/ А.Н. Пихтин, С.А. Тарасов, Е.А. Менькович. Способ определения температуры активной области светодиодов; опубл. 23.02.2007. Бюл. № 11/678, 243.
11. Kuball M. Self-Heating effects at high Pump Currents in Deep UV LED /M. Kuball, S. Pajasingam, A. Sarua et al. // Appl.Phys.Lett. 2003. Vol. 82. P. 124.
12. Winewisser C. In-situ temperature measurements via ruby R-lines of sapphire substrate based InGaN light emitting diodes during operation / C. Winewisser, J. Schneider // J. Appl. Phys. 2001. Vol. 89. – P. 3091.

УДК 531.31

БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Сапегин А.Н., Норенко М.В.

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»
Киев, Украина*

В современной технике наблюдается большой рост различных робототехнических средств, беспилотных подвижных объектов. Миниатюрность объектов не позволяет использовать классические типы систем для решения задач ориентации, навигации и управления, поэтому построение и исследование микромеханических чувствительных элементов и систем является особенно актуальным в настоящее время [1].

Технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС) непрерывно развиваются и каждым годом какие, точность становится больше. Уменьшение размеров и требований к питанию датчиков делает их более универсальными в использовании. Еще одно из преимуществ МЭМС технологий является то, что выходной сигнал цифровой, что в свою очередь улучшает качество и скорость обработки данных. Но несмотря на преимущества подобные датчики проигрывают в точности классическим волоконно-оптическим и

лазерным гироскопом.

Одной из передовых компаний разрабатывающих МЭМС технологии является Sensorog – норвежский производитель и разработчик инерциальных датчиков и датчиков давления. С 2009 года компания сосредоточилась на выпуске МЭМС гироскопов, а основную линейку продуктов составили гироскопы ST202, STIM210 [4] и инерциальных измерительных модуль STIM300, который представлен на рисунке 1.

Несмотря на размеры 39мм на 45мм на 22мм STIM 300 содержит в себе 3 гироскопа, 3 акселерометра и 3 инклинометра, которые приближаются по точности к волоконно-оптическим гироскопам. Датчик устойчив к воздействиям магнитного поля и удара, частота обновления данных 2000 Гц и имеет цифровой выход RS422 со скоростью передачи 1,84 Mbit c.



Рисунок 1 – Инерциальный измерительный модуль SIM300

К основным характеристикам STIM 300 относятся:

- Температурный диапазон $-40 + 85^{\circ} \text{C}$
- Диапазон гироскопа $\pm 400^{\circ} / \text{c}$
- Дрейф гироскопа $0,15^{\circ} / \sqrt{\text{h}}$
- Дрейф акселерометра $0,07 \text{ м / c} / \sqrt{\text{h}}$
- Нестабильность нуля гироскопа $0,5^{\circ} / \text{час}$
- Нестабильность нуля акселерометра $0,05 \text{ mg}$
- Диапазон акселерометра $\pm 10g$.

STIM 300 нашел свое место в системах ориентации беспилотных аппаратов, системах сбора портативных целевых транспортных средств, в системах стабилизации и при автоматизированном производстве в промышленности.

В работах [1] и [2] были всесторонне исследованы возможности построения бесплатформенной системы ориентации основываясь исключительно на микромеханических инерциальных датчиках таких как гироскопы и акселерометры. В частности, работа [1] посвящена описанию исследования, которое проводила компания Analog Devices – лидер в современной микроэлектронике. Целью исследований было сравнение инерциальных навигационных систем, построенных на волоконно-оптических гироскопах с инерциальным измерительным модулем модели ADIS16485. При чём цена первой системы была около 30000\$, а МЭМС датчики всего 1000\$. В итоге было установлено, что в гражданском применении, для решения задачи ориентации и навигации в городе, точности ADIS16485 более чем достаточно. Отметим, что технические характеристики ADIS16485 на порядок хуже, чем STIM300. Эти результаты говорят о том, что в ближайшее время точные характеристики МЭМС инерциальных измерительных модулей позволят использовать их и в прецизионных навигационных системах.

Открытым и острым в таком случае встаёт вопрос алгоритмического обеспечения Бесплатформенной инерциальной системы ориентации (БИСО). Эта задача имеет двойной характер. С одной стороны, нужно определиться с алгоритмом определения и моделирования ориентации движущегося объекта, а с другой стороны разработка достаточно точных алгоритмов их численного интегрирования.

Наиболее распространённым является использование кватернионного уравнения ориентации. Считается, что оно записывается в наиболее простой для вычислительной машины форме и не вырождается при сложных эволюциях движения объекта. Однако, использование кватернионной алгебры заставляет проводить постоянные преобразования кватерниона ориентации в матрицу направляющих косинусов, или текущие угла ориентации. Эта задача требует привлечения дополнительных вычислительных потоков и уменьшает быстродействие вычислителей.

Вторая часть алгоритмического обеспечения БИСО заключается в организации процессов численного интегрирования соответствующего уравнения ориентации. Здесь тоже наблюдается неоднозначность. Ранее разработанные алгоритмы численного интегрирования создавались под аналоговые сигналы классических инерциальных чувствительных элементов – кольцевых лазерных и волоконно-оптических гироскопов. Их применение для современных микромеханических систем вызывает некоторые затруднения. Вместе с тем, широко используемые МЭМС датчики всё ещё достаточно грубые, поэтому для них используют элементарные алгоритмы численного интегрирования такие как метод треугольника, или трапеции.

В работах [2], и [4] представлены результаты исследований алгоритма работы бесплатформенной инерциальной навигационной системы. В качестве чувствительных элементов для создания БИСО использовался довольно грубый инерциальный измерительный модуль MAX 21105 производства Maxim Integrated. MAX 21105 представляет из себя 3-осевые микромеханические гироскопы и акселерометры, созданные на едином кристалле. Была построена программная модель бесплатформенной системы ориентации [4]. Модель включала в себя алгоритм ориентации на основе кинематического уравнения Пуассона и алгоритмов численного интегрирования Рунге-Кутты второго и четвёртого порядков. Результаты исследования представлены на рисунке 2.

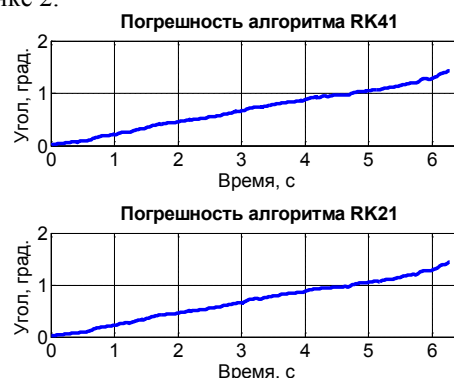


Рисунок 2 – Погрешности алгоритмов интегрирования методами Рунге-Кутта

Использование уравнения Пуассона позволило напрямую использовать проекции угловых скоростей вращения основания, полученных с гироскопов, что значительно упростило как программную модель, так и разработку алгоритмов интегрирования. Выбор алгоритмов Рунге-Кутты был продиктован их распространённостью и достаточно высокой точностью.

В целом программная модель позволяет использовать различные типы чувствительных элементов и является универсальной. Она позволяет проводить исследования прецизионных МЭМС датчиков при различных законах движения.

1. Ярема А.Д. Выбор датчиков угловой скорости для бесплатформенной инерциальной системы навигации / Погляд у майбутнє Приладобудування: IX науково-практична конференція студентів та аспірантів Збірка тез / НТУУ «КПІ». – Киев, 2016 С. 25-26.
2. Сапегин А.М., Бугаёв Д.В. Программная модель бесплатформенной системы ориентации

на базе инерциального измерительного модуля MAX21105 // Вісник Інженерної академії України. – 2016. – Вип. 1. – С.119-122.

3. Система моніторингу стану технічного обладнання на базі інерціального вимірювального модуля STIM210 / Я.О. Ярема, О.М. Сапегін // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання : збірник тез доповідей 5-ї науково-практичної конференції студентів і молодих вчених, 24-25 листопада 2015 р., м. Івано-Франківськ. – 2015. – С. 239–241.
4. Свідоцтво № 64218 України про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма «Мікромеханічна безплатформова система орієнтації» [Текст] Сапегін О.М., Бугайов Д.В., Півторак Д.О. (Україна); заявник та власник Сапегін О.М., Бугайов Д.В., Півторак Д.О. - № 64703; заявл. 23.12.2015; зареєстровано 26.02.2016 р. в Державному реєстрі свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір.

УДК 624.94

ДЕТАЛИ ВТОРИЧНОЙ ОПТИКИ АДАПТИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Сернов С.П., Балохонов Д.В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, республика Беларусь*

Светодиоды являются современным источником света с высокой эффективностью преобразования электрической энергии в световую, поэтому в настоящее время все больше транспортных средств оснащаются оптическими системами светосигнального назначения со светодиодами в качестве основного источника света. Кроме того, номенклатура выпускаемых светодиодов постоянно расширяется, что делает расчет деталей вторичной оптики для какого-либо определенного наименования светодиодов нецелесообразным: из-за крайне быстрой сменяемости поколений светодиодов приходится постоянно разрабатывать новые детали вторичной оптики с одинаковой функциональностью.

Из-за этого целесообразным является разработка такой детали вторичной оптики, чтобы она позволяла использовать различные типы светодиодов с похожим распределением силы света и одинаковым световым потоком.

Для разработки подобной детали вторичной оптики необходимо соблюсти следующие условия:

Условие квазиточечности источника света – источник света (светодиод) должен иметь такие

размеры, чтобы его можно было считать точечным по отношению к детали вторичной оптики, что позволяет значительно упростить расчеты.

Если источник света имеет сравнительно большой размер (например, светодиоды фирмы Philips типа LHC1, изготовленные по технологии COB с диаметром излучающей поверхности 18 мм), то его можно разделить на области и применять данный принцип к ним при расчете несимметричной детали вторичной оптики.

Условие охвата источника света – источник света должен быть охвачен деталью вторичной оптики так, чтобы световой поток источника использовался как можно полнее.

С учетом данных условий, а также все возрастающих требований к равномерности засветки излучающей поверхности светосигнальных изделий транспортных средств наиболее перспективной формой детали вторичной оптики будет асферическая неизображающая охватывающая линза с развитой задней отражающе-пропускающей поверхностью, схема профиля которой приведена на рисунке 1.