

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Шпаковский В.П. Будущие тенденции технологий инерциальной навигации // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2023. – №1 (январь). – АРТ 3-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004

Шпаковский Владислав Павлович

Аспирант 3-го курса,

«Информатика и вычислительная техника»,

Научный руководитель: Сергей Викторович Соколов,

доктор технических наук, профессор,

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Ростовский

государственный университет путей сообщения»,

Российская Федерация, г.Ростов-на-Дону,

vlad.shpakovskiy@gmail.com

БУДУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

Аннотация: Инерциальная навигация представляет собой уникальный метод навигации, который не зависит от внешних источников информации. В отличие от других методов навигации с определением местоположения, инерциальная навигация выполняет навигацию в относительном смысле, то есть по отношению к начальному состоянию навигации движущегося объекта.

Недавно в промышленность были внедрены передовые технологии инерционных датчиков, такие как технология ядерного магнитного резонанса, технология холодного атома, и пересмотр инерциальных датчиков на основе жидкости. В то же время методы моделирования ошибок инерционных датчиков развиваются быстро, пытаясь обеспечить более высокий уровень точности навигации с использованием более дешевых технологий.

В этом обзоре рассматриваются перспективы и тенденции развития инерциальных навигационных систем.

Ключевые слова: Навигация, инерциальная навигация, системы инерциальной навигации, ИНС, тенденции развития ИНС.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Shpakovskiy Vladislav Pavlovich,

3 year postgraduate student,

09.06.01 "Computer science and computer technology",

doctor of technical sciences, professor, Sergey Viktorovich Sokolov,

Federal State Budgetary Educational

Institution of Higher Education

"Don State Transport University",

Russian Federation, Rostov-on-Don,

vlad.shpakovskiy@gmail.com

FUTURE TRENDS IN INERTIAL NAVIGATION TECHNOLOGIES

Abstract: Inertial navigation is a unique navigation method that does not depend on external sources of information. Unlike other position-based navigation methods, inertial navigation performs navigation in a relative sense, that is, relative to the initial navigation state of a moving object.

Recently, the industry has introduced advanced inertial sensor technologies such as nuclear magnetic resonance technology, cold atom technology, and a revision of liquid-based inertial sensors. At the same time, inertial sensor error modeling techniques are evolving rapidly in an effort to provide higher levels of navigation accuracy using cheaper technologies.

This review examines the prospects and trends in the development of inertial navigation systems.

Keywords: Navigation, inertial navigation, inertial navigation systems, INS, trends in the development of INS.

Введение

Целесообразность навигации путем расчета траектории возникает из-за ограниченности методов определения местоположения, которые требуют прямой связи между объектом для навигации и известными фиксированными позициями. Например, для навигации с использованием ГНСС требуется прямая связь между приемником ГНСС и как минимум четырьмя спутниками, чтобы получить данные о положении наблюдаемого объекта. Эти условия зачастую трудновыполнимы при навигации в городских условиях, тоннелях и

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

помещениях. Следовательно, в условиях отсутствия корректной работы ГНСС необходимо прибегать к методам расчета траектории движения объекта, таким как инерциальная навигация.

Инерционные датчики подвержены ошибкам, которые являются либо систематическими, либо случайными. Систематические ошибки возможно моделировать математически, и их можно уменьшить с помощью калибровки. Систематические ошибки в инерциальных датчиках включают смещение масштабного коэффициента, нелинейность масштабного коэффициента и перекрестную связь измерений чувствительных осей. Смещение в инерционном датчике — это постоянный сдвиг измеряемой величины от фактического входного значения к результирующему от датчика. Таким образом, масштабный коэффициент — это ошибка, которая представляет несоответствие между входной величиной инерциального датчика и сообщенной выходной величиной датчика. В нормальных условиях следует ожидать, что инерционный датчик сообщит выходное значение, эквивалентное любому входному значению, и ожидаемое соотношение должно быть равно единице. Тем не менее, масштабный коэффициент будет проявляться как отклонение отношения ввода-вывода инерциального датчика от равного единице. Другой формой систематических ошибок является нелинейность масштабного коэффициента. Ожидается, что отношение входа-выхода датчика будет линейным, однако из-за воздействия окружающей среды и некоторых конструкций датчиков соотношение ввода-вывода инерциального датчика может не быть линейным, что является систематической ошибкой, которую следует учитывать. Из-за неправильной установки инерциальных датчиков в геометрической сборке ИИМ возникает ошибка перекрестной связи. Перекрестная связь вызвана неортогональностью чувствительных осей инерциальных датчиков.

В данной работе будет представлен обзор будущих тенденций в технологиях инерциальных навигационных систем, и нестандартных технологий в области навигации.

1. Тенденции развития инерциальных навигационных систем

В этом разделе представлен обзор тенденций в технологиях инерционных датчиков и последних достижений, происходящих в разработке и производстве инерционных датчиков с более низкой стоимостью, более высокими характеристиками и меньшими размерами по сравнению с современными инерционными датчиками. Достижения в технологиях инерциальных датчиков позволят использовать инерциальную навигацию в широком диапазоне применений.

1.1. Гироскопы основанные на ядерном магнитном резонансе

Физическим явлением, определяющим работу гироскопов ядерного магнитного резонанса (ЯМР), является квантовый спин ядер атомов. В квантовой механике хорошо известно, что многие атомы обладают свойством, называемым ядерным спином. Ядерный спин означает, что ядро данного атома ведет себя так, как если бы оно вращалось. Так обстоит дело с большинством атомов с нечетной массой, нечетным атомным номером или и с тем и другим. Однако свойство ядерного спина не проявляется для атомов с четным массовым числом или атомным номером, или и с тем и другим. Эти атомы характеризуются наличием квантованных спиновых угловых и магнитных значений, которые можно вычислить. Важным аспектом ядерного спина является то, что на ядерный спин влияет внешнее магнитное поле. Следовательно, можно управлять переходом между различными спиновыми состояниями, применяя радиочастотное электромагнитное излучение [5].

Гироскопы ЯМР достигли значительного развития в основных аспектах своей конструкции и реализации. В частности, достижения в исследованиях привели к усовершенствованному методу управления атомным спином, приложенным магнитным полем и разработке более совершенных измерительных механизмов для записи сигнала гироскопа. Кроме того, гироскопы ЯМР не подвержены вибрации из-за механизма передачи движения таких датчиков. Ожидается, что технология гироскопа ЯМР достигнет высокого уровня точности в высокодинамичных применениях в течение этого десятилетия.

1.2. Инерционные датчики холодного атома

Еще одна технология, которая была реализована в производстве инерционных датчиков — это технология холодного атома. Инерционные датчики холодного атома основаны на лазерном охлаждении атомов без криогенного охлаждения. Подвергая атомы некоторых материалов воздействию лазерных лучей на частотах, близких к атомному резонансу этих материалов, атомы теряют свою кинетическую энергию и снижают температуру до микрокельвинов. Следовательно, захваченные атомы будут демонстрировать некоторое квантово-механическое поведение, так что их состояния могут быть изменены. Захваченными атомами можно манипулировать, применяя настроенный лазерный импульс и позволяя атомным волновым функциям вмешиваться после перемещения по заданному пути в космосе [6], аналогично тому, как работает FOG; однако вместо использования световых волн используются атомные волновые функции.

Инерционные сенсоры на холодном атоме характеризуются высокими характеристиками по сравнению с типичными оптическими гироскопами, поскольку эффективная длина волны атома на десять порядков меньше, чем у RLG и FOG. Кроме того, из-за низкой температуры захваченных холодных

атомов они обеспечивают измерения с низким уровнем шума и высоким отношением сигнал / шум, по сравнению с оптическими инерциальными датчиками.

1.3. Инерциальные датчики велосиметрии с визуализацией частиц

Группа мобильных мультисенсорных систем Университета Калгари разработала технологию инерциальных датчиков на основе жидкости. В исследовании предлагается инерциальная навигационная система на основе жидкости, называемая инерциальной навигационной системой визуализации частиц (PIVINS), которая основана на динамике жидкости для обеспечения инерциальных измерений. Концепция заключается в том, что, когда на контрольный объем жидкости накладывается сила инерции, в ответ на такую силу создается поток, удовлетворяющий второму закону движения Ньютона. Следовательно, как только поток будет обнаружен можно получить фактические инерционные измерения. Эта концепция применима как для линейных, так и для вращательных типов движения.

Велосиметрия с визуализацией частиц — это раздел науки о динамике жидкости, в котором свойства жидкостей и потоков жидкости могут быть определены с помощью отслеживания частиц, которые являются нейтрально плавучими и имитируют фактическую динамику потока. Велосиметрия изображений частиц подразумевает использование датчика, который используется для отслеживания частиц, независимо от того, установлены ли эти датчики изображения в фиксированном или движущемся положении вдоль исследуемого потока.

Однако в рамках PIVINS только одна частица контролируется в заранее заданном канале потока управляющего объема, и мониторинг частиц осуществляется с помощью фиксированного датчика изображения по отношению к предварительно расположенному и фиксированному каналу

потока. Движение такой частицы определяется по полученной последовательности изображений с помощью ряда методов цифровой обработки изображений.

PIVINS состоит из двух триад каналов потока жидкости, расположенных вдоль 3 взаимно ортогональных плоскостей, с датчиком изображения, который обращен к каждой плоскости, чтобы отслеживать частицу, помещенную в каждый канал потока. Одна триада представляет собой набор ортогональных гироскопов, а вторая триада представляет акселерометры. Частицы выбираются так, чтобы они имели ту же плотность, что и жидкость, заполняющая проточные каналы, чтобы они обладали нейтральной плавучестью.

PIVINS — это почти бездрейфовая инерциальная навигационная система с незначительной нестабильностью смещения. При этом PIVINS допускает только систематические ошибки, которые можно смоделировать аналитически или экспериментально. Следовательно, PIVINS сопоставим на каждом уровне с высококласным ИИМ тактического уровня, но при этом чрезвычайно эффективен с точки зрения нестабильности смещения.

Заключение

В данный момент времени инерциальные навигационные системы превратились из громоздких по размеру и высоких по стоимости - в надежные, маленькие и недорогие системы, которые можно использовать для высокоточных навигационных применений. Кроме того, будущие тенденции в технологиях инерциальной навигации, которые постоянно развиваются, открывают большие перспективы с точки зрения возможных для достижения размеров, веса, энергопотребления и точности.

В данной работе представлен обзор технологий инерциальных датчиков от стандартных решений до новейших технологий в области навигации. А также приведено краткое изложение будущих тенденций в технологиях инерциальных навигационных систем.

Подводя итог, можно сказать, что это исследование направлено на создание более точного навигационного решения с использованием недорогих датчиков и достижения высокой точности навигации в таких применениях как: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), навигация подвижных составов, нефтегазовую промышленность, аэрокосмическую навигацию, приложения для внутренней навигации и навигации беспилотных автомобилей.

Список использованной литературы:

1. Noureldin, A., Karamat, T. B., & Georgy, J. Fundamentals of inertial navigation, satellite-based positioning and their integration. — Berlin, 2013.
2. Трефилов П.М., Сравнительный анализ улучшения точностных характеристик инерциальных навигационных систем. / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН — Москва, 2019.
3. Titterton, D., & Weston, J. L. Strapdown inertial navigation technology (Vol. 17) — London, 2011.
4. Entin, L. P., Accelerometer. — 1965. — С.3-404
5. Duer, M. J. The basics of solid-state NMR. Solid-state NMR spectroscopy principles and applications. — Hoboken, 2007. — С.1-72.
6. Kitching, J., Knappe, S., & Donley, E. A. Atomic sensors—A review. IEEE Sensors Journal, 11(9), — 2011. — С.1749–1758.
7. Delhaye, F. HRG by SAFRAN: The game-changing technology. In 2018 IEEE international symposium on inertial sensors and systems (INERTIAL), — 2018, — С.1–4.

Дата поступления в редакцию: 12.01.2023 г.

Опубликовано: 12.01.2023 г.

© Академия педагогических идей «Новация».

Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2023

© Шпаковский В.П., 2023