

СЕКЦІЯ 1
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ
НАВІГАЦІЇ І КЕРУВАННЯ

УДК 62-519

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ОРІЄНТАЦІЇ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО
КОМПЛЕКСУ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ ПТРК

¹⁾ Горішній Д. О., ²⁾ Лакоза С. Л.

¹⁾ ДП "Укрнаукагеоцентр", м. Полтава, Україна, ²⁾ Національний технічний університет
України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна
E-mail: horishniy_dm@ukr.net, hakserg@rambler.ru

На даний час в Україні існують стаціонарні системи типу «Тренажер оператора протитанкового ракетного комплексу «Конкурс», розроблені на підприємстві «Енергія 2000» (м. Київ). Комплекс є стаціонарним і високовартісним, потребує спеціалізованого приміщення для свого використання, що обмежує його використання безпосередньо в місці дислокації військовослужбовців.

Розробка мобільного електронно-оптичного комплексу та автоматичної системи орієнтації проводиться для усунення існуючих складнощів при підготовці операторів ПТРК, які полягають у неможливості відпрацювання вогню по рухомим цілям на великих відстанях, обмеженій кількості ПТКР для навчальних стрільб, відсутності обладнаних полігонів в зоні АТО. В основу концепції розроблюваного мобільного електронно-оптичного комплексу та автоматичної системи орієнтації покладено такі основні принципи: мінімальна вартість; максимальна надійність; використання в умовах полігону або району проведення бойових дій; тренування на реальному зразку озброєння.

Автоматична система орієнтації є невід'ємною складовою мобільного електронно-оптичного комплексу для підготовки операторів ПТРК. Вона є первинною складовою, що оцінює взаємодію оператора з мобільним електронно-оптичним комплексом. Система призначена для відслідковування просторової орієнтації навчального комплексу та дій оператора щодо керування його роботою. Автоматична система орієнтації для мобільного електронно-оптичного комплексу підготовки операторів ПТРК планується такою, що не потребує для своєї установки спеціального додаткового стенда, що імітує ПТРК, так як буде монтуватися безпосередньо на ПТРК, що стоять на бойовій варті. Мобільний електронно-оптичний комплекс для підготовки операторів має встановлюватися безпосередньо на ПТРК та не перешкоджатиме його штатному бойовому використанню. Це дозволить виконувати підготовку операторів на місці дислокації, дасть змогу підвищувати їх вміння керування ПТКР, дозволить операторам відпрацювати навички роботи з комплексом до автоматизму.

Підготовка з використанням такого комплексу дозволить значно зменшити кількість використаних пострілів для повноцінної підготовки оператора, підвищить обороноздатність підрозділу проти важкої техніки. Даний комплекс розробляється мобільним. Він не потребуватиме витрат на підготовку спеціального учбового приміщення та пришвидшує час готовності установки для безпосереднього навчання персоналу.

Ключові слова: автоматична система орієнтації, оператор, ПТРК.

УДК 531.383

ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУХОМИХ ОБ’ЄКТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПАРАМЕТРИ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ

¹⁾ Вознюк А. І., ²⁾ Цисарж В. В.

¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, ²⁾ ДП НДІ РС «Квант-Радіолокація», м. Київ, Україна.

E-mail: tsisarzh_v@ukr.net

Для успішного вирішення задачі стабілізації та наведення обладнання, що розміщується на рухомих об’єктах морського та наземного базування, сучасні системи керування повинні враховувати всі особливості динамічних характеристик та зовнішніх впливів, що діють на об’єкти стабілізації. Об’єкти наземного призначення (як колісні, так і гусеничні) – складні багатоопорні системи з великою кількістю взаємопов’язаних елементів конструкції: пружними елементами, амортизаторами та ресорами, динаміка руху яких є доволі складною. Під час руху вони зазнають впливів від зміни профілю поверхні, на якій присутні нерівності, що призводить до виникнення вимушених коливань підресореної частини рухомого об’єкта, на якій розміщується обладнання. Профіль пересіченої місцевості описуються випадковою функцією типу «білого шуму», що здійснює нелінійний вплив на об’єкт.

На відміну від наземних, об’єкти морського призначення приймаються як жорстко зв’язані системи, які у процесі функціонування зазнають впливу хвиль, вітру та морських течій. Основним фактором, що визначає динаміку руху таких об’єктів є морська хитавиця, яка являє собою складний нелінійний процес, що потребує врахування багатьох параметрів, головними з яких є тип хитавиці, інтенсивність, довжина хвилі і т.д. Тому визначення законів зміни зовнішніх збурень (як для наземного, так і для морського об’єкту) є важливою задачею при проектуванні системи стабілізації.

В даній роботі розглядаються залежності динамічних характеристик рухомих об’єктів від збурень, що створюються зовнішнім середовищем, зокрема профілем місцевості для наземних та хитавиці для морських об’єктів. Аналізується вплив зміни факторів зовнішніх збурень на динаміку руху об’єктів стабілізації та параметри системи керування. Пропонується методика

врахування даних змін при проектуванні системи стабілізації обладнання, що розміщується на рухомих об'єктах.

Ключові слова: рухомий об'єкт, система стабілізації, профіль покриття, морська хитація.

УДК 571.76

ПРИКЛАДНОЕ СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ ДВУХШАГОВЫХ АЛГОРИТМОВ ТОЧНОСТИ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ

Аврутов В. В., Аксёненко П. М.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

E-mail: vyshgoro@gmail.com, akc.petia@mail.ru

В последнее время к точности бортовых приборов уделяется пристальное внимание, поскольку точность приборов является неотъемлемой частью информационной надежности. От надежности пилотажных приборов зависит безопасность транспортного средства, и, следовательно, жизнь пассажиров и экипажа. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) являются составной частью пилотажного комплекса бортовых приборов, поэтому точность их работы непосредственно влияет на надежность и безопасность транспортного средства.

Работа БИНС зависит от точности работы ее алгоритмического обеспечения. Поэтому, если усовершенствовать точность работы алгоритмов, можно обеспечить повышение точности всей БИНС.

Кинематическое уравнение, описывающее изменение во времени вектора ϕ поворота (вектора Эйлера) имеет вид

$$\frac{d\phi}{dt} = \omega + \frac{1}{2}(\phi \times) \cdot \omega + \frac{1 - \frac{\phi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\phi}{2}}{\phi^2} (\phi \times) \cdot (\phi \times) \cdot \omega.$$

Здесь под векторами ϕ и ω понимаются матрицы-столбцы из проекций этих векторов на оси связанной системы координат, $(\phi \times)$ представляет собой кососимметричную матрицу из проекций вектора ϕ , ϕ – модуль этого вектора. Интегрируя данное уравнение были получены различные разгонные и безразгонные алгоритмы точности бесплатформенной инерциальной системы ориентации.

В докладе представлены результаты прикладного анализа двухшаговых безразгонных и разгонных алгоритмов точности на основании полученных данных ориентации датчиков.

Ключевые слова: БИНС, алгоритм точности, вектор Эйлера.

УДК 531.383(07)

НЕЧЕТКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИРОМАГНИТНОГО КОМПАСА

Мелешко В. В., Мураховский С. А.

*Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”,
г. Киев, Украина*

E-mail: mvv44@mail.ru

Гироскопический компас (ГМК) работает в широком диапазоне частот возмущений, определяемых качкой или вибрациями объекта. Это вызывает необходимость создания системы коррекции (регулирования), которая должна обладать высокой степенью автономности, адаптивности, обеспечивать минимум динамической ошибки. Одним из методов решения таких задач является применение нечеткого регулирования.

Применение нечеткого регулятора позволяет в широком диапазоне менять вид статической характеристики, превращая ее из прямолинейной в криволинейную или ломаную желаемого вида. Инструментами для изменения регулятора являются количество входных сигналов (для ГМК не более трех), вид функций принадлежности (сигнала к заданному нечеткому подмножеству), их параметры (зоны нечувствительности, крутизны прямолинейных участков и др.), таблица (база) логических правил работы регулятора и др. Функции принадлежности могут содержать различное число составляющих (т.н. термов), число которых обычно не превышает семи.

Сложность применения нечеткого регулятора состоит в отсутствии строгих правил синтеза регулятора. Нечеткие регуляторы относятся к интеллектуальным системам, в которых очень важен опыт эксперта, проводящего разработку. Однако даже в простейшей схеме с нечетким регулятором (Fuzzy controller), установленным в пропорциональный канал, с тремя треугольными термами, можно получить уменьшение динамической ошибки в 3 раза.

Наиболее просто проектирование нечеткого регулятора выполнять в Simulink (Рис.1). В данной конфигурации положительный эффект достигается за счет искривления статической характеристики таким образом,

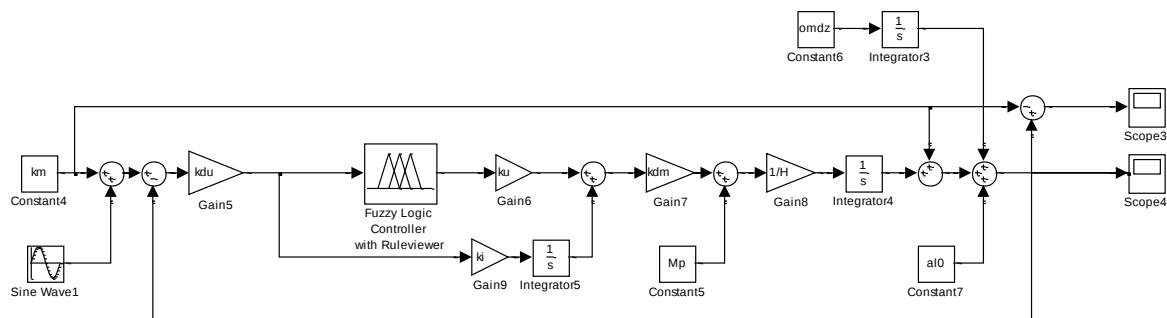


Рис.1. Структурная схема регулятора в Simulink

что в зоне малых ошибок крутизна ее мала (это обеспечивает хорошее сглаживание динамической ошибки), в зоне больших углов крутизна велика, что обеспечивает достаточную скорость выставки.

Ключевые слова: гиромагнитный компас, нечеткий регулятор.

УДК 631.36

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ОРІЄНТАЦІЇ НА БАЗІ MAX21105

Сапегін О. М.

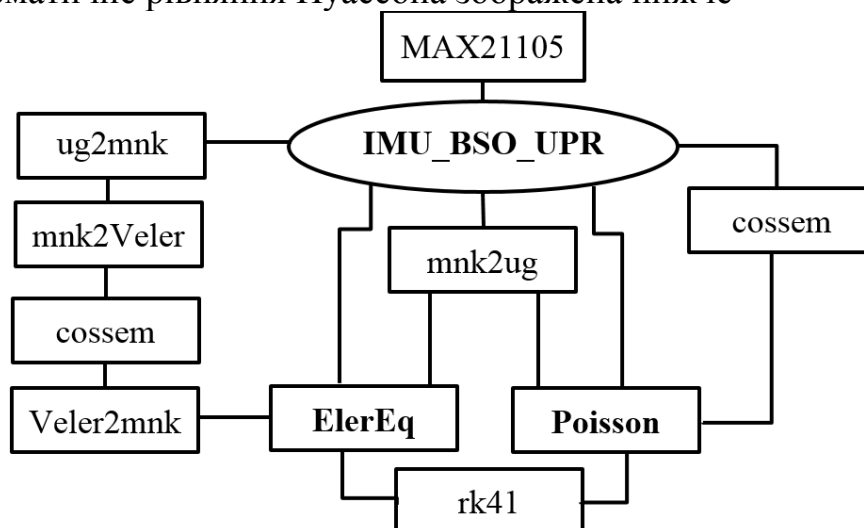
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: sapegin_a@ukr.net

В роботі дослідженню піддавався мікромеханічний інерційний модуль MAX21105 розроблений MaximIntegratedProductsInc. Система MAX21105 – це монолітний 3-осьовий гіроскоп і 3-осьовий акселерометр, об'єднані в інерційний вимірювальний блок (ІВБ), що забезпечує високу точність і стабільність при перепадах температури і витримки часу. Застосовується як системи орієнтації в безпілотних апаратах, телефонах і планшетах, в ігрових пристроях, пультах дистанційного керування. Зокрема, для системи MAX21105 характерно низький рівень дрейфу нуля гіроскопів, низький і лінійний температурний дрейф нуля датчиків.

На основі математичних моделей кінематичного рівняння орієнтації Пуассона та вектору Ейлера, було створено програмну модель, яка дозволяє встановити значення кутів орієнтації у географічній системі координат використовуючи значення проєкцій кутових швидкостей з MAX21105. Розрахунок кутів орієнтації проводиться шляхом чисельного інтегрування кінематичного рівняння Пуассона та вектора Ейлера методом Рунге-Кутта.

Структура розробленої програмної моделі що реалізує інтегрування вектора Ейлера та кінематичне рівняння Пуассона зображена нижче



Створена програмна модель дозволяє проводити дослідження інерціального вимірювального модуля МАХ21105, а саме:

- Дослідження точності датчиків.
- Дослідження точності та швидкодії алгоритмів чисельного інтегрування.
- Проводити вибір найбільш оптимального алгоритму орієнтації.

Ключові слова: безплатформова навігація, алгоритм інтегрування, супутникові навігаційні системи

УДК 531/534

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОМАСОВИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВІБРОСТІЙКОСТІ МІКРОМЕХАНІЧНИХ ГІРОСКОПІВ

Борейко А. В., Бондар П. М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна

E-mail: pbon43@mail.ru

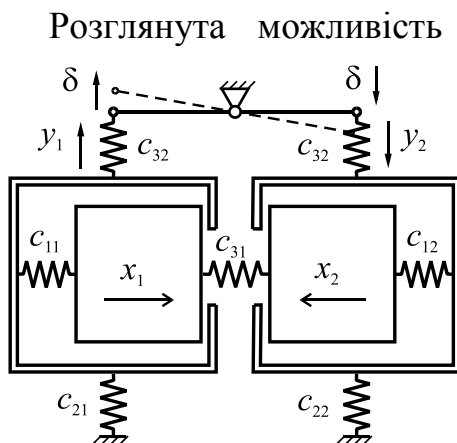


Рис. 1. Багатомасовий мікромеханічний гіроскоп

Розглянута можливість підвищення стійкості до механічних впливів мікромеханічних гіроскопів LL-типу [1], побудованих за диференціальною схемою, завдяки застосуванню загальних від’ємних зворотних зв’язків по сумі вихідних сигналів і різниці первинних коливань. Показано, що така схема еквівалентна схемі з пружним механічним зв’язком c_{32} , створюваним додатковим важільним механізмом, кінематично з’єднуючим рамки двох чутливих елементів та пружним зв’язком c_{31} між чутливими елементами [2] (рис. 1). Розроблена і проаналізована математична модель мікромеханічного гіроскопа LL-типу,

яка враховує пружний механічний зв’язок в умовах вібраційних впливів.

$$\begin{cases} (p^2 + 2h_{1j}p + k_{1j}^2 - u^2)x_j - 2dupy_j + \frac{k_{31}^2}{2}(x_2 - x_1)(-1)^j = -(-1)^j q_x(p) + w_x(p); \\ (p^2 + 2h_{2j}p + k_{2j}^2 - u^2)y_j + 2upx_j + \frac{k_{32}^2}{2}(y_1 + y_2) = w_y(p), \quad j = 1, 2. \end{cases}$$

В рівняннях u - вимірювана кутова швидкість, w_y , w_x - складові лінійного прискорення. Підкреслені члени, викликані додатковими пружними зв’язками.

Доведено, що в досліджуваній схемі для зниження чутливості до вібрацій реалізований метод рознесення частот синфазних і протифазних коливань інерційних мас в пружному підвісі, що дає можливість значно зменшити деформації підвісів під дією лінійних прискорень. Проведені аналітичні дослідження та моделювання складеної моделі в пакеті Simulink.

Ключові слова: мікромеханічний гіроскоп, чутливий елемент, вібростійкість, лінійне прискорення.

Література

1. Елисеєв Д. П. Методы повышения стойкости микромеханических гироскопов к механическим воздействиям / М. И. Евстифеев, Д. П. Елисеєв, И. Б. Челпанов // Гироскопия и навигация. – 2014. – №.4. – С.56-68.
2. Trusov A. A. Gyroscope Architecture with Structurally Forced Anti-Phase Drive-Mode and Linearly Coupled Anti-Phase Sense-Mode / A. A. Trusov, A. R. Schofield, A. M. Shkel // The 15th International Conference on Solid-State Sensors: Actuators and Microsystems, 2009, pp. 660 – 664.

УДК 571.76

О ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ БИСО НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНОГО УРАВНЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ И ИЗМЕРЕНИИ ВЕКТОРА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Лазарев Ю. Ф., Аксёненко П. М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
г. Киев, Украина*

E-mail: laz@pson.ntu-kpi.kiev.ua

Известные [1-3] алгоритмы бесплатформенных инерциальных систем ориентации (БИСО) в основном базируются на измерении приращений квазикоординат. В последнее время возобновляется интерес к исследованию точности алгоритмов, опирающихся на измерение вектора угловой скорости основания.

Как показано в [4], точность алгоритма можно охарактеризовать максимальным дрейфом его погрешности при синхронных колебаниях основания вокруг двух его ортогональных осей, зависимость которого от шага опроса измерителей удобнее всего представлять в обобщенной безразмерной

форме $\delta(\mu)$, где $\delta = \frac{|Dr|_{\max}}{\omega a_m^2}$ – относительный максимальный дрейф алгоритма;

$\mu = \omega \cdot h$ – частотный параметр (безразмерный); $|Dr|$ – модуль средней скорости нарастания погрешности оценивания угла поворота основания вокруг третьей его оси; a_m и ω – амплитуда и частота колебаний основания; h – шаг опроса измерителей; N – показатель степени в зависимости дрейфа от частоты. Эту зависимость можно получить путем компьютерного моделирования процесса численного интегрирования известных алгоритмов заданного уравнения ориентации.

В докладе представлены результаты моделирования работы алгоритмов, опирающихся на векторное уравнение ориентации и использующих измерения угловой скорости основания. Приводятся графики указанной зависимости для

одно-, двух-, трех- и четырехшаговых разгонных и безразгонных алгоритмов и проводится сравнение их с аналогичными характеристиками точности алгоритмов, использующих измерение приращений квазикоординат.

Ключевые слова: алгоритмы БИСО, характеристики точности, дрейф.

Литература

1. Бранец В. Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела. [Текст] // В. Н. Бранец, И. П. Шмыглевский / – М.: Наука, 1973. – 320 с.
2. Панов А. П. Математические основы теории инерциальной ориентации. [Текст] // А. П. Панов. – Киев: Наукова думка, 1995. – 280 с.
3. Savage P. G. Strapdown Inertial Navigation Algorithm Design Part 1: Attitude Algorithms. – Journal of guidance, control, and dynamics. Vol. 21, № 1, january-february 1998.
4. Мураховский С. А. Результаты v-тестирования точности безразгонных алгоритмов бесплатформенных инерциальных систем ориентации /С.А. Мураховский, Ю.Ф. Лазарев, П. М. Аксененко // X Международная научно-техническая конференция "Гиротехнологии, навигация, управление движением и конструирование авиационно-космической техники". Сборник докладов. – К.: НТУУ "КПИ", 2015. – С. 475-482.

УДК 681.51

МЕТОД СИНТЕЗУ ІНВЕРСНОГО НЕЙРОЕМУЛЯТОРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ НАВЕДЕННЯМ АНТЕНИ

Паламар М. І., Стрембіцький М. О.

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна*

E-mail: palamar.m.i@gmail.com, muxa1101@yandex.ru

Для забезпечення супроводу супутників дистанційного зондування Землі під час їх перебування в зоні видимості, що може тривати декілька десятків хвилин, механізм неведення антенної системи повинен забезпечувати високу швидкість та точність наведення. Важливу роль в цьому процесі відведено побудові та налаштуванні регулятора керування наведенням антенної системи.

Процес налаштування параметрів класичного ПД-регулятора потребує побудови детальної моделі системи керування антени, однак отримання такої моделі не завжди доступне. Інноваційним підходом є створення адаптивних регуляторів, на основі нейромережевих технологій.

При безпосередньому використанні лише значення помилки регулювання НМ не здатна забезпечити адекватну імітацію властивостей динамічної системи, тому для обмеження статичного відображення запропоновано подавати на вхід НМ задану позицію r , та встановлене кутове положення антени u . Для вирішення задачі запропоновано НМ Елмана, яка має глобальні та локальні зворотні зв'язки та до складу входить L шарів та N^l нейронів, тобто загалом отримуємо $N_{\Sigma} = \sum_{l=1}^L N^l$ нейронів.

Для синтезу оптимального регулятора необхідно отримати цільовий вектор сигналу керування з виходу НМ $u^*(t)$ за еталонним значенням виходу

керованого об'єкту $y^*(t) \equiv r(t)$. Такий вектор можна отримати внаслідок створення інверсної моделі функціонування об'єкта керування.

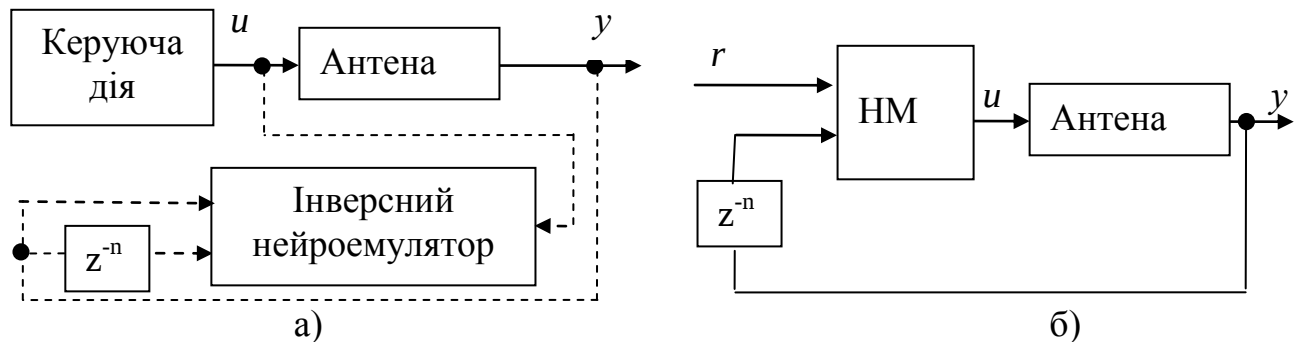


Рис. 1. Схема навчання інверсного нейроемулятора (а), контур керування (б)

Запропонована методика синтезу нейромережевого контролера керування антенною системою на основі НМ Елмана забезпечує меншу середньоквадратичну помилку керування наведенням антени в умовах дії різних збурюючих факторів.

Ключові слова: антенна система, зворотні зв'язки, інверсне керування, нейронна мережа.

УДК 681.51

МЕТОД НАВІГАЦІЇ ТА КЕРУВАННЯ РУХОМ АВТОНОМНОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТА

*Паламар М. І., Стрембіцький В. О., Стрембіцький М. О.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна
E-mail: palamar.m.i@gmail.com, vova0719@i.ua, mихa1101@yandex.ru*

На сучасному етапі розвитку технологій виробництво потребує автоматизації процесів, які можна здійснювати із застосуванням автономних мобільних роботів (АМР). Основне їх завдання: замінити людину при виконанні робіт в небезпечному середовищі для її життя, а також полегшити виконання низки завдань. АМР – це складний мехатронний об'єкт, який складається із: виконавчого вузла (електромеханічний привід, редуктор, колеса), сенсорної системи (лазерні радари, ультразвукові та оптичні сенсори), телекомунікаційної системи та інтегрованої системи навігації та керування рухом.

При вирішенні задачі навігації АМР необхідно використовувати: локальний моніторинг середовища з допомогою давачів, моделювання перешкод, планування безпечних маршрутів та адаптивне керування рухом робота.

Для успішної навігації АМР в просторі, система керування повинна вміти: будувати маршрут, керувати рухом (задавати кут повороту коліс та швидкість приводу), опрацьовувати інформацію від різного типу давачів про положення

об'єктів на шляху слідування робота, а також відслідковувати пройдену траєкторію.

Об'єктом дослідження виступає автономний робот в якому використовується для навігації локальна карта середовища, що відображає тільки об'єкти в межах видимості сенсорів. Позиція моделі визначається за допомогою опрацювання даних із датчиків що надходить до основного блоку розрахунку (рис 1).

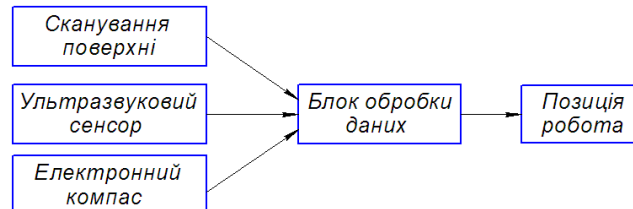


Рис. 1. Алгоритм опрацювання даних навігаційної системи АМР

При цьому підвищити якість керування АМР в умовах невизначеності можна забезпечити використанням систем штучного інтелекту та проведенням локального планування поведінки робота на основі інформації із давачів. Що дозволить створити оптимальне керування АМР.

Ключові слова: автономний мобільний робот, система керування, навігаційна система, сенсор.

УДК 621.372

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПОЛІСПЕКТРАЛЬНА ОБРОБКА СИГНАЛІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ РОТОРНИХ СИСТЕМ

Сопілка Ю. В.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
м. Київ, Україна,

E-mail: sopilk@ukr.net

Робота присвячена віброакустичній діагностиці тріщиноподібних пошкоджень лопаток газотурбінних двигунів. Досліджується ефективність застосування поліспектрального аналізу для обробки віброакустичних сигналів в задачах діагностики тріщин в лопатках газотурбінних двигунів.

Поліспектральний аналіз в загальному вигляді базується на використанні спектральних характеристик вищих порядків (біспектри, триспектри, функції бікогерентності і ін.). Які володіють властивістю послаблення впливу шумів на діагностичні ознаки, особливо, якщо сигнал, що обробляється, являє собою адитивну суміш негаусівського процесу з гаусівським шумом, дозволяють виділити статистично зв'язані частини спектру, визначити наявність комбінаційних і модуляційних частот, а також виявити фазові зміни між кратними частотними компонентами сигналу. Оскільки зародження і розвиток втомної тріщини в лопатці призводить до відхилення характеристики відновлюючої сили від лінійної залежності, то випромінювані при

функціонуванні робочим колесом акустичні сигнали будуть нелінійними, і довести наявність нелінійності, а також виділити обумовлені нею зміни в вимірних сигналах, стає можливим при використанні спектральних характеристик вищих порядків.

Проведені раніше теоретичні дослідження і математичне моделювання дозволили визначити відмінності у характеристиках вимірних акустичних сигналів, що зумовлені наявністю пошкодження в лопатці робочого колеса. Проте для підтвердження адекватності отриманих теоретичних результатів, підтвердження дієздатності і ефективності методів і алгоритмів поліспектрального аналізу необхідно було провести експериментальні дослідження віброакустичних сигналів на виході фізичної моделі робочого колеса на стаціонарних та нестаціонарних режимах (швидкого та повільного збільшення частоти обертання ротору).

В результаті обробки експериментальних даних показано, що розглянуті методи обробки дозволяють виявити зміни в стані об'єкту на всіх розглянутих режимах вібраційного збурення в умовах значного впливу адитивної гаусівської завади. Отримані результати доцільно використовувати для створення віброакустичної системи моніторингу стану елементів робочих коліс авіаційних двигунів, діагностиці і оцінюванні втомних пошкоджень, що в них зароджуються.

Ключові слова: віброакустична діагностика, лопатки, пошкодження, цифрова обробка сигналів, поліспектральний аналіз, Matlab.

УДК 531.383(07)

ГИРОМАГНИТНЫЙ КОМПАС С АДАПТИРУЕМЫМ ПОД-РЕГУЛЯТОРОМ

Мелешко В. В., Колесников Д. Н.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

E-mail: mvv44@mail.ru

Магнитный канал коррекции был и остается востребованным как в собственно гиромагнитных компасах (ГМК), так и в корректируемых инерциальных системах и в других разработках. В основном, он используется для коррекции показаний прибора по курсу, поскольку другие эталонные системы (спутниковая навигационная система, доплеровские измерители и др.) пока еще не обеспечивают информацию о курсе объекта. Активное использование магнитного канала обусловлено также значительным прогрессом в повышении точности и уменьшении габаритов магниточувствительных элементов.

Основной помехой в работе ГМК являются возмущения показаний магнитного курса, вызываемые ускорениями движения объекта. Если на время действия постоянных ускорений (разгон или торможение объекта, выраж)

магнитную коррекцию отключают, то от влияния ускорений, возникающих на качке, таким путем избавиться нельзя. Отметим, что при отключении коррекции накапливается ошибка прибора, обусловленная уходом гироскопа. Особенно это существенно при использовании микромеханического гироскопа, уход которого может достигать 200 град./час. Так, при отключении коррекции на 3 мин. уход составит 10 градусов. В ГМК с пропорциональной коррекцией статическая ошибка из-за ухода гироскопа может составить единицы градусов, что неприемлемо. Для исключения статической ошибки применяют интегратор. Коррекция становится пропорционально-интегральной (интегрально-позиционной).

Единственным средством сглаживания колебательной погрешности на качке является уменьшение крутизны канала пропорциональной коррекции. Но это увеличивает время переходного процесса восстановления коррекции после выключения. В итоге требуется оптимизация постоянной времени коррекции для преобладающей частоты возмущений. При изменении частоты возмущения оптимальность коррекции нарушается.

В улучшении характеристик ГМК может помочь дифференциальный контур коррекции, т.е. создание ПИД-регулятора. Однако значительное снижение динамической ошибки можно достигнуть лишь при сдвиге фазы производной на четверть периода колебаний и подборе коэффициента передачи в соответствии с амплитудой погрешности. В итоге, динамическая точность ГМК повышается на порядок, ошибка может составить 0.01 градуса.

Для учета изменений амплитуды и частоты ошибки вследствие изменения возмущений может быть использовано скользящее окно метода наименьших квадратов.

Ключевые слова: гиромагнитный компас, ПИД-регулятор, метод наименьших квадратов.

УДК 531.383

КАЛІБРУВАННЯ БЛОКУ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ І ГІРОСКОПІВ

Аврутов В. В., Стефанишин З. С., Хутко М. Ю.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна,*

E-mail: vyshgorod@gmail.com

Основой побудови будь-якої інерціальної системи (ІС) орієнтації та навігації є інерціально-вимірювальний модуль (ІВМ). Калібрування ІВМ є невід’ємним етапом випробувань і підготовки до роботи ІС.

Для визначення характеристичних ознак і параметрів ІВМ або похибок проводять калібрування для подальшого їх використання в роботі ІС. До того як поступити на ділянку складання ІС, зазвичай, гіроскопи та акселерометри проходять автономні випробування. Важливо визначити їх параметри в складі

ІВМ, оскільки вихідні параметри гіроскопів і акселерометрів ІВМ прив'язані до його базових осей. Під калібруванням блоку акселерометрів (БА) розуміють визначення інструментальних похибок математичної моделі БА, а також помилки виставки блоку акселерометрів на випробувальному стенді.

Стандартний метод калібрування блоку акселерометрів і гіроскопів полягає в послідовному обертанні об'єкта випробування навколо осей, але такий метод займає досить багато часу. В реальних умовах об'єкт може здійснювати обертання відразу навколо декількох осей або навколо осі кінцевого повороту. Використання цього методу для акселерометрів є більш доцільним і зручним.

Для калібрування блоку гіроскопів потрібно забезпечити рівність рангу основної матриці, її порядку та кількості стовпців. Якщо забезпечити цю умову не вдається, можна скористуватися способом зменшення порядку основної матриці за рахунок результатів попередніх випробувань.

Даний метод калібрування дозволяє визначити набір нульових сигналів гіроскопів та акселерометрів, масштабних коефіцієнтів і коефіцієнтів перехресного зв'язку.

Ключові слова: калібрування, блок акселерометрів, блок гіроскопів

УДК 531.383

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ І ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ТА КЕРУВАННЯ

Мироненко П. С., Гайдай В. В., Гуцко І. О.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
г. Київ, Україна*

E-mail: mironenko46@rambler.ru

Розвиток науки і техніки в сучасних умовах потребує постійного підвищення вимог, які пред'являються до якості вимірювання різних фізичних величин. Це стосується в повній мірі також і вимірювання параметрів орієнтації і навігації рухомих об'єктів. Одночасно підвищуються і вимоги до якості первинних датчиків, на вході яких незалежно від їх складності знаходяться, як правило, аналогові чутливі елементи, які на основі простих фізичних принципів перетворюють параметри вимірювальної величини в електричний сигнал. Крім того, проблема точності та достовірності вимірювальної інформації кожен рік загострюється у зв'язку зі збільшенням кількості керованих об'єктів та складності метрологічного забезпечення процесу вимірювання.

Світові тенденції в розв'язанні зазначених проблем, найчастіше, сконцентровані в області проектування та практичного використання інтелектуальних датчиків.

В роботі розглянуті структура, функції та класифікація інтелектуальних інерційних датчиків систем орієнтації та навігації [1]. Показані основні напрямки інтелектуалізації датчиків: на основі сучасних мікроелектронних

технологій модернізація чутливого елементу, удосконалення методів обробки інформації та стандартизація протоколів обміну інформацією

На основі аналізу схем побудови сучасних мікромеханічних акселерометрів та гіроскопів, виходячи з задач проектування і враховуючи загальні вимоги до таких датчиків, представлені узагальнена структурна схема інерційних приладів систем орієнтації і навігації та особливості реалізації основних функцій інтелектуалізації. Під інтелектуальним датчиком розуміється адаптивний датчик з функціями метрологічного самоконтролю, самонавчання, самовідновлення, а також датчик з системами компенсації збурюючих впливів та параметричних змін характеристик елементів самого датчика [2]. Слід зауважити також, що в теперішній час поняття “датчик” розширюється від поняття ”чутливий елемент” до поняття ”вимірювальна система”, відтворюючи процес інтелектуалізації сенсорики.

Розглядається відомий підхід надлишковості, то б то отримання і використання додаткової інформації в вимірювальному сигналі для підвищення достовірності інформації при дії різних завад. Інформаційно – надлишковий датчик з системою обробки сигналів розглядається як сенсор, який може забезпечувати функції інтелектуального датчика.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні сучасних інтелектуальних датчиків систем орієнтації і навігації для розширення їх функціональних можливостей та покращення технічних характеристик.

Ключові слова: датчики систем орієнтації і навігації, вимірювальна інформація, достовірність і точність інформації.

Література

1. Васильев В. В., Чернов П. С. Интеллектуальные датчики, их сети и информационные системы / Измерительная техника – 2012 - №10. – С. 3-6.
2. Аравин В. В., Вернер В. Д., Сауров А. Н., Мальцев П. П. МЭМС высокого уровня – возможный путь развития МЭМС в России / Нано- и микросистемная техника. – 2011. – № 10. – С. 28-31.

УДК 681.786

МОДЕЛЮВАННЯ МАСИВУ БРЕГГІВСЬКИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Луців Т. В., Півторак Д. О., Цибульник С. О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: p_diana@i.ua

Інженерні та будівельні конструкції в процесі експлуатації зазнають впливу зовнішніх збурюючих факторів, які можуть викликати появу та розвиток руйнівних процесів. Такі процеси, як правило, призводять до пошкодження конструкцій у вигляді тріщин. Дефекти, які могли виникнути на стадіях виготовлення, транспортування та монтажу створюють додаткові

концентратори напружень в елементах конструкції, що сприяє розвитку руйнівних процесів. Втрата несучої здатності конструкцій, викликана, наприклад, розкриттям тріщини в умовах експлуатаційних навантажень, може призвести до значних матеріальних збитків та людських жертв. Саме тому моніторинг та діагностика поточного технічного стану інженерних та будівельних споруд є досить актуальними.

Моніторинг та діагностика можуть здійснюватися як на стадіях будівництва, капітального ремонту, реконструкції, так і на стадії експлуатації інженерних та будівельних споруд. Основними засобами визначення поточного технічного стану конструкцій є діагностичні системи. Більшість таких систем мають у своєму складі первинні перетворювачі, які побудовані на різних фізичних принципах. Завдяки таким конструктивним особливостям, як: нечутливість до зовнішніх електромагнітних полів, пожежо- та вибухобезпечність, малі маса та розміри, низька вартість, висока міцність та гнучкість, – роблять волоконно-оптичні датчики дуже перспективними для використання їх у якості чутливих елементів для моніторингу технічного стану інженерних споруд. Із всіх різновидів частотних волоконно-оптичних датчиків які придатні для вимірювання деформації бреггівські датчики мають найкращу швидкодію та є найбільш стійкими до зовнішніх збурень. Саме тому у даній роботі проведено математичне моделювання системи паралельно з'єднаних у масив розмірністю 10×10 бреггівських датчиків. Вхідний сигнал випромінювача світла та відбиваюча здатність датчика моделювалися у вигляді функції Гаусса. Відбиваюча здатність характеризує «сліпу пляму» датчика, центр якої знаходиться на довжині хвилі $\lambda_{\text{дд}}$. При відсутності деформації вихідний сигнал датчика є різницею вхідного сигналу та відбиваючої здатності датчика. Наявність деформації призводить до зміщення $\lambda_{\text{дд}}$ на величину $\Delta\lambda_{\text{дд}}$. Для кожного бреггівського датчика за результатами моделювання побудовано тривимірну поверхню, яка відповідає рівням деформації в межах масиву датчиків.

Ключові слова: волоконно-оптичний датчик, решітка Брегга.

УДК 681.178.1

КІНЕМАТИЧНА СХЕМА МАЯТНИКОВОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА З ІМПУЛЬСНИМ СТРУМОМ ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ

Возняковський А.О.

*Національний авіаційний університет, ПАТ «НВО «КЗА ім. Г.Петровського»,
м. Київ, Україна*

Кінематична схема маятникового акселерометра з імпульсним струмом зворотного зв'язку представлена на рис. 1.

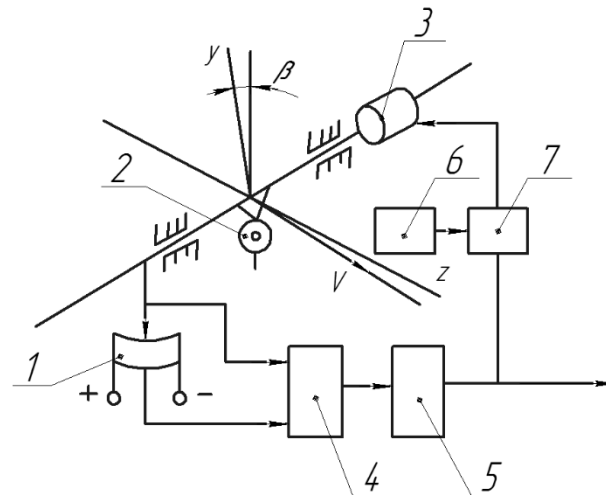


Рис. 1. Маятниковий акселерометр з імпульсним струмом зворотного зв'язку, де: 1 – датчик кута; 2 – рухомий вузол; 3 – датчик моменту; 4 – підсилювач; 5 – модулятор; 6 – стабілізатор струму; 7 – мостовий перемикач.

Рухомий вузол 2 має єдину ступінь свободи. При наявності прискорення в напрямку вимірювальної осі приладу, момент інерційних сил відхиляє маятник на кут β , пропорційний величині вимірюваного прискорення.

Перетворення кута β повороту маятника в електричний сигнал проводиться за допомогою датчика кута 1. З датчика кута сигнал надходить на підсилювач 4 і модулятор 5. В якості модулятора 5 акселерометра використовується частотний і широтно-імпульсний модулятори або пороговий пристрій. Схема зворотнього зв'язку складається зі стабілізатора струму 6 і перемикача 7. Баланс моментів (сил) досягається за рахунок подачі в обмотку датчика моменту (сили) імпульсів струму, середнє значення якого за деякий період часу, що визначається динамікою контуру акселерометра і видом модуляції сигналу, що використовується, відповідає вихідним сигналам акселерометра.

Чутливі елементи інтегруючих маятникових акселерометрів мають малі габаритні розміри і вагу, володіють досить великою стабільністю зміщення нуля, однак похибка коефіцієнта перетворення протягом строку експлуатації становить 1-2%. Крім того, значно збільшуються об'ємно-масові характеристики приладу в зв'язку з необхідністю перетворення аналогового сигналу в імпульсну або цифрову форму.

Ключові слова: вимірювання кутових прискорень, маятниковий акселерометр, принцип дії, чутливі елементи.