

УДК 629.7

*М.С. Скриповська, студентка гр. ВА-81мп, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТЕМПЕРАТУРНОГО КАЛІБРУВАННЯ ГІРОСКОПІЧНИХ МІКРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ

Анотація. В статті представлені матеріали щодо розробки ІВС для температурного калібрування перетворювачів кутової швидкості.

Ключові слова: калібрування, регулятор, гіроскоп, кутова швидкість, термокамера, мікроконтролер

ВСТУП

У наш час стрімко зростає ринок інерціальних навігаційних систем (ІНС), який у 2018 році досяг 10.1 білльйона доларів США [1]. Ці системи використовуються для визначення координат та швидкості руху таких об'єктів як автомобілі, літальні апарати та різноманітні гаджети. Використання первинних перетворювачів, виготовлених за технологіями мікроелектромеханічних систем (МЕМС), дозволяє створювати легкі, економічно вигідні та компактні ІНС. Мікромеханічні (МЕМС) гіроскопи (ММГ) використовуються у таких ІНС у якості первинних вимірювальних перетворювачів кутової швидкості (ПКШ). Однією із найважливіших задач при створенні ІНС є калібрування її перетворювачів.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Мета статті – розробити структуру інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для температурного калібрування коефіцієнтів перетворення та перехресного зв'язку гіроскопічних мікромеханічних ПКШ, а також алгоритми керування її допоміжними технічними засобами.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

ПКШ калібруються вже будучи встановленими у ІНС. Коефіцієнти матриці коефіцієнтів перетворення та перехресного зв'язку моделі вихідних сигналів ПКШ визначаються шляхом задання ряду значень кутової швидкості [2]. Для цього ІНС встановлюють на спеціальний поворотний стіл, вісь обертання якого має бути виставлена строго вертикально. Для компенсації температурних похибок параметрів моделі вихідних сигналів ПКШ здійснюється температурне калібрування, при цьому для визначення поточної температури використовують вбудовані вимірювальні перетворювачі температури (ВПТ) кожного з гіроскопів. Загальна структурна схема ІВС зображена на рисунку 1. На рисунку 2 зображено вимірювальні канали ІВС, які фізично розташовані на рухомій частині. Рухома частина – закріплена на валу платформа, до якої приєднується кантувач з ІНС та інтерфейсний блок.

Розроблена ІВС використовується для отримання, перетворення та обробки вимірювальної інформації від ПКШ. Електронний блок, електромеханічна частина та платформа, обертанням якої вони керують, а також термокамера є допоміжними технічними засобами ІВС.

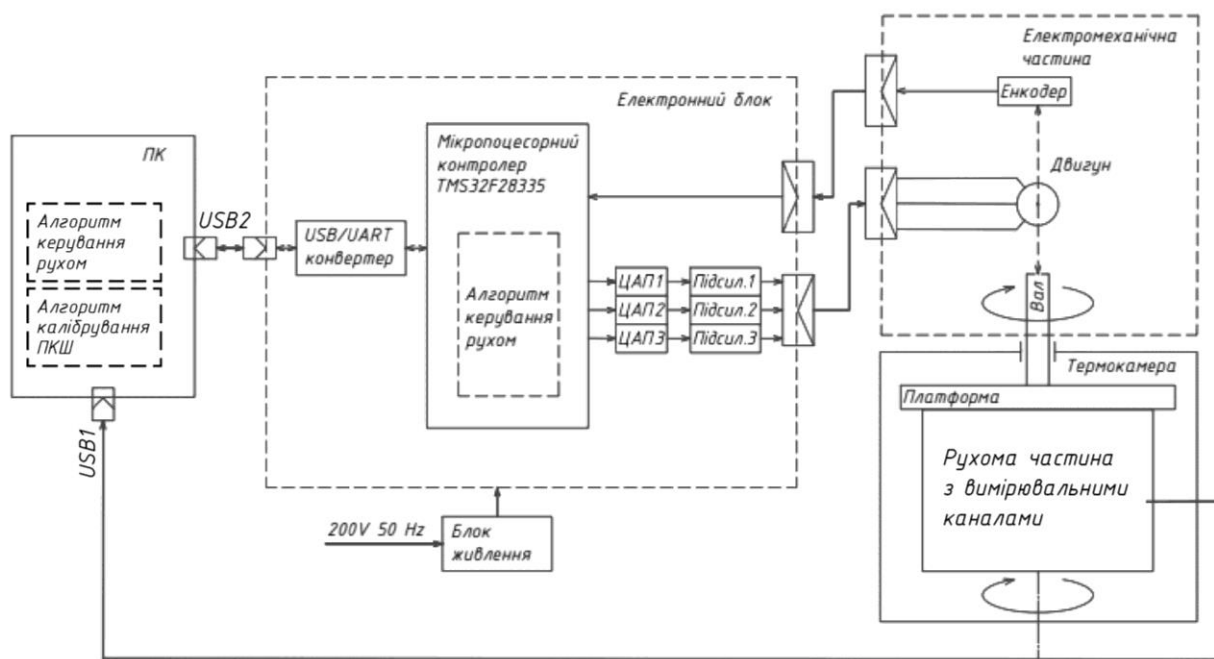


Рисунок 1. Структурна схема ІВС

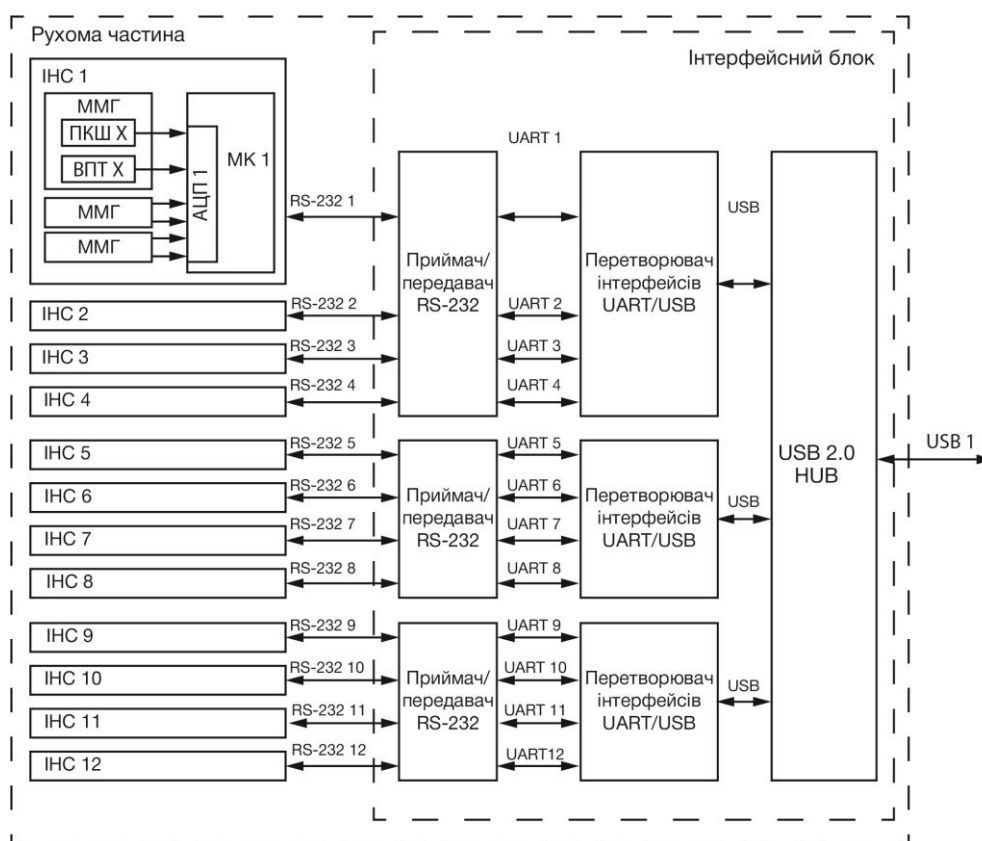


Рисунок 2. Структурна рухомої частини ІВС

У кожній ІНС є три ММГ з вбудованими ВПТ. Чутливі осі ММГ взаємно перпендикулярні. Напруга, пропорційна виміряній кутовій швидкості, поступає на АЦП мікроконтролера ІНС разом з напругою, пропорційною температурі ВПТ.

У кантувач може бути встановлено до 12 ІНС, таким чином під час процедури калібрування може відбуватися калібрування 36 ПКШ. Вихідні дані

мікроконтролера ІНС, які містять коди, що відповідають вимірянній кутовій швидкості, передаються за допомогою інтерфейсу RS-232.

«Інтерфейсний блок» перетворює дані ІНС з 12 інтерфейсів RS-232 на дані, що передаються по одному кабелю інтерфейсу USB на ПК, де формують 12 віртуальних COM-портів. Мікросхеми приймача/передавача RS-232 призначені для перетворення чотирьох сигналів RS-232 у сигнали TTL UART, з якими працюють мікросхеми-перетворювачі інтерфейсів UART/USB. USB Hub об'єднує дані в один інформаційний потік. На ПК встановлені драйвери, що дозволяють «бачити» 12 віртуальних COM-портів, на кожний з них надходить інформація, ідентична надісланим з відповідних ІНС. Таке об'єднання каналів у один USB-канал дозволяє економно передати сигнали з рухомої частини через один струмоприймач на нерухому частину та підключитися до одного порту персонального комп'ютера (ПК) USB 1 версії 2.0. Розроблене програмне забезпечення (ПЗ) реалізує візуалізацію та зберігання даних ПКШ і ВПТ та алгоритм калібрування ПКШ.

Оскільки під час калібрування ПКШ повинні обертатися з постійною кутовою швидкістю, було розроблено систему допоміжних технічних засобів, що забезпечують рух рухомої частини. За допомогою розробленого ПЗ ПК експериментатор може керувати стендом: задавати швидкість обертання, починати та зупиняти рух. Розміщення рухомого блоку у термокамері дозволяє здійснювати калібрування на різних температурах для визначення коефіцієнтів температурної чутливості.

Команди з ПК через USB 2 надходять до електронного блоку. В електронному блоці USB/RS232 конвертер передає команду з ПК на вхід послідовного порту мікропроцесорного контролера (МК) TMS32F28335 фірми Texas Instruments [4]. Програма МК керує трифазним безколекторним сервомотором, який обертає закріплену на його валу платформу. Робота регулятора швидкості обертання здійснюється у перериваннях внутрішнього таймера МК, блок-схема переривань зображена на рисунку 3. Поворот валу контролюється за допомогою з'єднаного з валом інкрементального енкодера [3]. Вбудований у МК модуль eQEP [5] перетворює імпульси, що надходять від енкодера, в код поточного кутового положення, а модуль eCAP [6] підраховує такти тактової частоти процесора між цими імпульсами для визначення миттєвої частоти обертання. Програма визначає різницю між визначеною за допомогою енкодера та заданою кутовими швидкостями, цю різницю використовує алгоритм цифрового пропорційно-інтегрального регулятора швидкості. Добутки вихідного коду регулятора на зсунуті по фазі на 120° синусоїди подаються на цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП) – ЦАП1, ЦАП2, ЦАП3. Вихідні напруги ЦАП утворюють трифазну систему напруг, які надходять на відповідні підсилювачі потужності, а з їх виходів – по кабелю на трифазні обмотки двигуна.

Отже, розроблена ІВС дозволить забезпечити виробників та користувачів на стрімко зростаючому ринку ІНС обладнанням для їх калібрування.

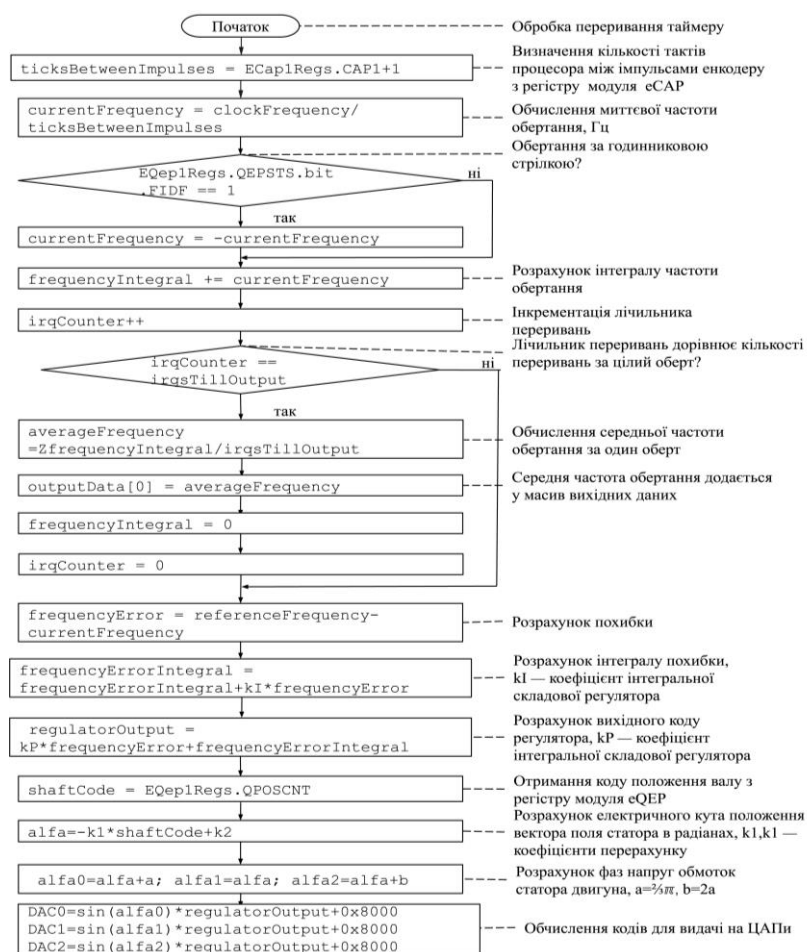


Рисунок 3. Блок-схема програми обробки переривання таймеру

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Inertial Navigation System (INS) Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2019-2024. – Режим доступу: <https://www.imarcgroup.com/inertial-navigation-system-market> – 23.11.2019 р.
- [2] Мелешко В.В., Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие / В.В. Мелешко, О.И. Нестеренко. – Кировоград: ПОЛИМЕД – Сервис, 2011. – 172 с.
- [3] Скрипковська М. Г. Програмне забезпечення системи стабілізації частоти обертання для стенду температурного калібрування гіроскопічних мікромеханічних перетворювачів кутової швидкості / М.Г. Скрипковська, М.В. Добролюбова // «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2019): збірник тез доповідей (ел.), 29 – 31 жовтня 2019 р., м. Вінниця: ВНТУ, 2019. – С. 100-101.
- [4] TMS320F2833x, TMS320F2823x Digital Signal Controllers (DSCs) // – Режим доступу: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tms320f28234.pdf> – 14.10.2019
- [5] TMS320x2833x, 2823x Enhanced Capture (eCAP) Module Reference Guide // – Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ug/sprufg4a/sprufg4a.pdf> – 23.11.2019
- [6] TMS320x2833x, 2823x Enhanced Quadrature Encoder Pulse (eQEP) Module Reference Guide // – Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ug/sprug05a/sprug05a.pdf> – 23.11.2019

Наук. Керівник – к. т. н., доц. Добролюбова М.В.