

УДК 621.3.78

Б.О. Оліярник¹, Р.І. Чайковський²

¹ Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

² ДП «Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут», Львів

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОГІРОСКОПІВ У СТАБІЛІЗАТОРАХ ОСНОВНОГО ОЗБРОЄННЯ ЛЕГКОБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

У статті запропонований варіант застосування твердотільних мікрогіроскопів для вимірювання кутових швидкостей в системах стабілізації озброєння бронетехніки.

Ключові слова: стабілізатор озброєння, мікрогіроскоп.

Вступ

Постановка задачі. Модернізація бойових машин піхоти і бойових колісних машин в основному проводиться з метою підвищення ефективності ведення вогню.

Вагоме покращення ефективності вогню можна отримати, впроваджуючи чи удосконалюючи системи стабілізації [1, 2, 3].

Розвиток систем стабілізації озброєння з метою покращення ефективності вогню висуває вимоги не тільки до підвищення точності стабілізації і плавності наведення. Такі напрями модернізації стабілізаторів, як зменшення маси і габаритів, зниження енергоспоживання, зменшення часу готовності до роботи, зменшення вартості без погіршення параметрів стабілізації, також заслуговують уваги.

Аналіз досліджень і публікацій. На рисунку показані схеми побудови стабілізаторів основного озброєння, які найбільш широко застосовуються для легкоброньованої техніки [4].

Аналіз схем стабілізації показує, що для забезпечення потрібних показників якості стабілізації всі вони містять зворотний зв'язок по абсолютній кутовій швидкості $\omega_{ИУ}$ виконавчого пристрою. Вимірювання швидкості $\omega_{ИУ}$ забезпечується гіротахметрами, в якості яких до теперішнього часу в Україні використовуються механічні гіроскопи.

Механічні гіроскопи є складними пристроями, для яких характерні: великі габарити і маса, висока вартість, великий час готовності до роботи, який визначається часом, необхідним для розкрутки ротора гіроскопа.

Мета статті: розробка варіанта застосування твердотільних мікрогіроскопів для вимірювання кутових швидкостей в системах стабілізації озброєння бронетехніки.

Основна частина

Вимірювання абсолютної кутової швидкості сьогодні можна забезпечити мікрогіроскопами, наприклад, «гіроскопічними» інтегральними мікро-схемами серії ADXRS, які виготовляються на базі технології iMEMS фірмою Analog Devices. Мікрогіроскопи серії ADXRS мають такі переваги, як дуже низька вартість і малий час готовності до роботи. Сьогодні використання мікрогіроскопів впроваджується в основному в системи стабілізації літальних апаратів [5, 6].

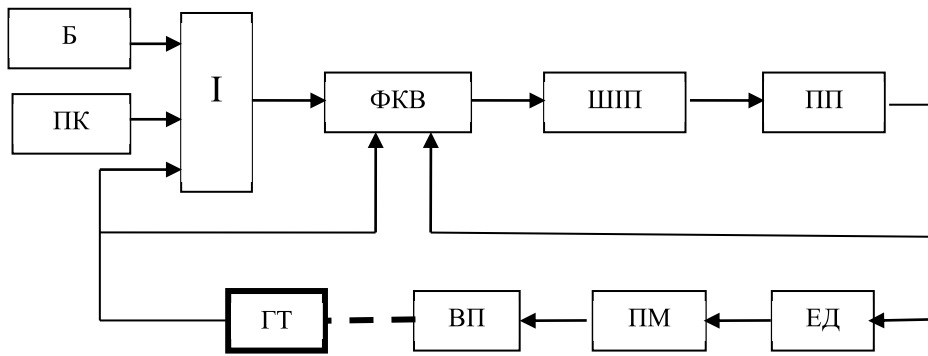
Однак, поки що дані пристрої відносяться до приладів низького класу точності, і тому до теперішнього часу не завершені дослідження можливості їх використання в системах стабілізації основного озброєння бронетанкової техніки.

Аналіз характеристик мікрогіроскопа і блока гіротахметрів показує, що вони співрозмірні по діапазону вимірюваних кутових швидкостей, чутливості, діапазону частот зміни вимірюваних кутових швидкостей, нелінійності перетворення.

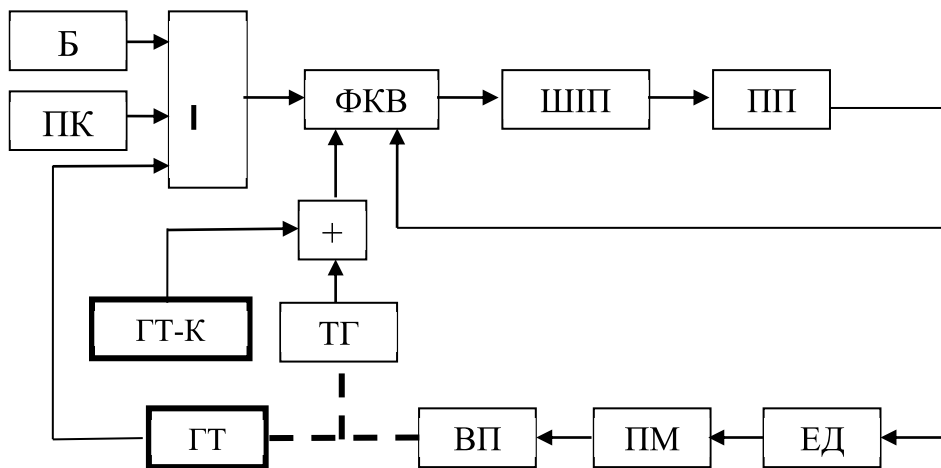
Спектральна густина шуму і температурний дрейф нуля мікрогіроскопів мають недопустимо великі значення. Значимого зменшення спектральної густини шуму при вимірюванні кутової швидкості можна досягнути відомими методами аналогової і цифрової обробки вихідних сигналів мікрогіроскопів [9].

До таких методів відносяться:

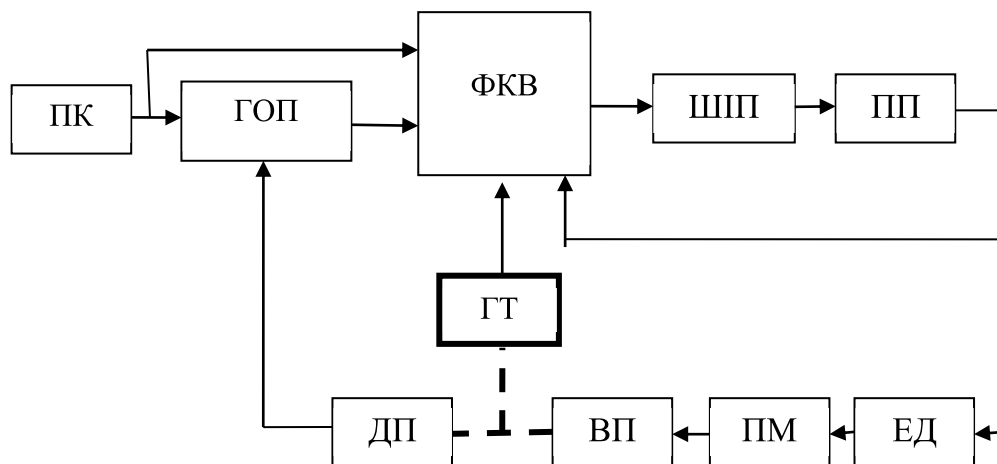
- підсумовування сигналів як мінімум двох мікрогіроскопів;
- цифрова фільтрація оцифрованого сумарного сигналу;
- використання для перетворення сигналу в код інтегруючих аналого-цифрових перетворювачів з диференціальними входами.



а – з гіротахометром в колі зворотного зв'язку по швидкості



б – з гіротахометром в колі зворотного зв'язку по швидкості і з додатковим компенсаційним гіротахометром



в – з гіроскопічним оптичним прицілом і гіротахометром в колі зворотного зв'язку по швидкості

Рис. 1. Структурні схеми стабілізаторів озброєння:

ПК – пульт керування; Б – балансувальний резистор; І – інтегратор; ФКВ – формувач керуючого впливу; ШПІ – широтно-імпульсний перетворювач; ПП – підсилювач потужності; ЕД – електричний двигун; ПМ – поворотний механізм; ВП – виконавчий пристрій (башта чи гармата); ГТ – гіротахометр; ГТ-К – компенсаційний гіротахометр; ТГ – тахогенератор; ГОП – гіроскопічний оптичний приціл

Проведемо порівняльний аналіз характеристик мікрогіроскопа і механічного гіротахметра.

В таблиці наведені характеристики мікрогіроскопів фірми Analog Devices 150 ADXRS150 і блока гіротахметрів БГТ [7, 8].

Таблиця

Характеристики мікрогіроскопів фірми Analog Devices 150 ADXRS150 і блока гіротахметрів БГТ

№ з/п	Найменування параметра	ADXRS150	Блок гіротахметрів БГТ	
			Горизонтальна площа	Вертикальна площа
1	Діапазон вимірюваних кутових швидкостей, °/с	±150	±70	±70
2	Вихідна напруга	0,25 – 4,5	0 – 1	0 – 2
3	Чутливість, мВ/°/с	12,5	230	20
4	Залишкова напруга, мВ	4,5	150	150
5	Поріг чутливості, кут. хв./с.	-	21,6	2,16
6	Спектральна густина шуму, °/с/√Гц	0,05	-	-
7	Нелінійність перетворення, %	0,1	-	-
8	Діапазон частот зміни вимірюваних кутових швидкостей, Гц	0...40	-	-
9	Дрейф нуля, в діапазоні температур (від -40 до +85°), мВ	±300	-	-
10	Давач температури	є	немає	немає
11	Чутливість давача температури, мВ/°К	8,4	-	-

Наявність вбудованого давача температури мікрогіроскопа дає можливість для компенсації температурного дрейфу нуля шляхом експериментального вимірювання відхилення «нуля» вихідного сигналу мікрогіроскопа в функції від температури $\Delta\omega_{OT} = f(T)$ і наступним підсумовуванням вимірюваного значення швидкості $\omega_{ИЗМ}$ з розрахованою по певному алгоритму температурною поправкою $\Delta\omega_{TP}$.

$$\Omega_D = \omega_{ИЗМ} + \Delta\omega_{TP}, \quad (1)$$

де Ω_D – дійсне значення кутової швидкості.

На рис. 2 запропонована структурна схема гіротахметра, який побудований на базі мікрогіроскопів ADXRS150.

Гіротахметр містить два мікрогіроскопи ADXRS150, сигнали яких через підсилювачі поступають на диференціальні входи інтегруючого аналого-цифрового 16-розрядного перетворювача аналог-код.

Сигнал з датчика температури одного із мікрогіроскопів поступає через підсилювач на 12-розрядний аналого-цифровий перетворювач.

Кодові сигнали вимірюваної мікрогіроскопами кутової швидкості $\omega_{ИЗМ}$ і температури $T_{мг}$ мікрогіроскопа поступають в обчислювач.

В обчислювачі пропонується реалізувати наступні програми:

- програму цифрового фільтра;
- програму розрахунку температурних поправок;

- експериментальну таблицю відхилень нульового значення швидкості, що вимірюється мікрогіроскопом, від температури;

- програму підсумовування.

Таким чином, якість вимірювання кутової швидкості запропонованим гіротахметром визначається якістю фільтрації шумової (випадкової) складової сигналу мікрогіроскопа $\omega_{ИЗМ}$ і точністю обчислення величини температурної поправки $\Delta\omega_{TP}$.

Зменшення шумової (випадкової) складової у сигналі $\omega_{ИЗМ}$ можна досягнути застосуванням фільтра низьких частот. Однак при цьому звужується частотний діапазон зміни вимірюваних кутових швидкостей. Для визначення оптимального співвідношення спектральної густини шуму сигналу $\omega_{ИЗМ}$ і діапазону частот зміни вимірюваних кутових швидкостей потрібні додаткові дослідження роботи запропонованого гіротахметра в складі стабілізатора.

Точність обчислення величини температурної поправки $\Delta\omega_{TP}$ визначається алгоритмом розрахунку, що використовується. Орієнтовно достатню точність виходячи із вимог стабілізаторів можна отримати, використовуючи «простий» алгоритм, для реалізації якого достатньо провести експериментальні вимірювання відхилення вихідного сигналу мікрогіроскопа при нульовій швидкості в залежності від температури навколишнього середовища.

$$\Delta\omega_{TP} = f(T), \quad (2)$$

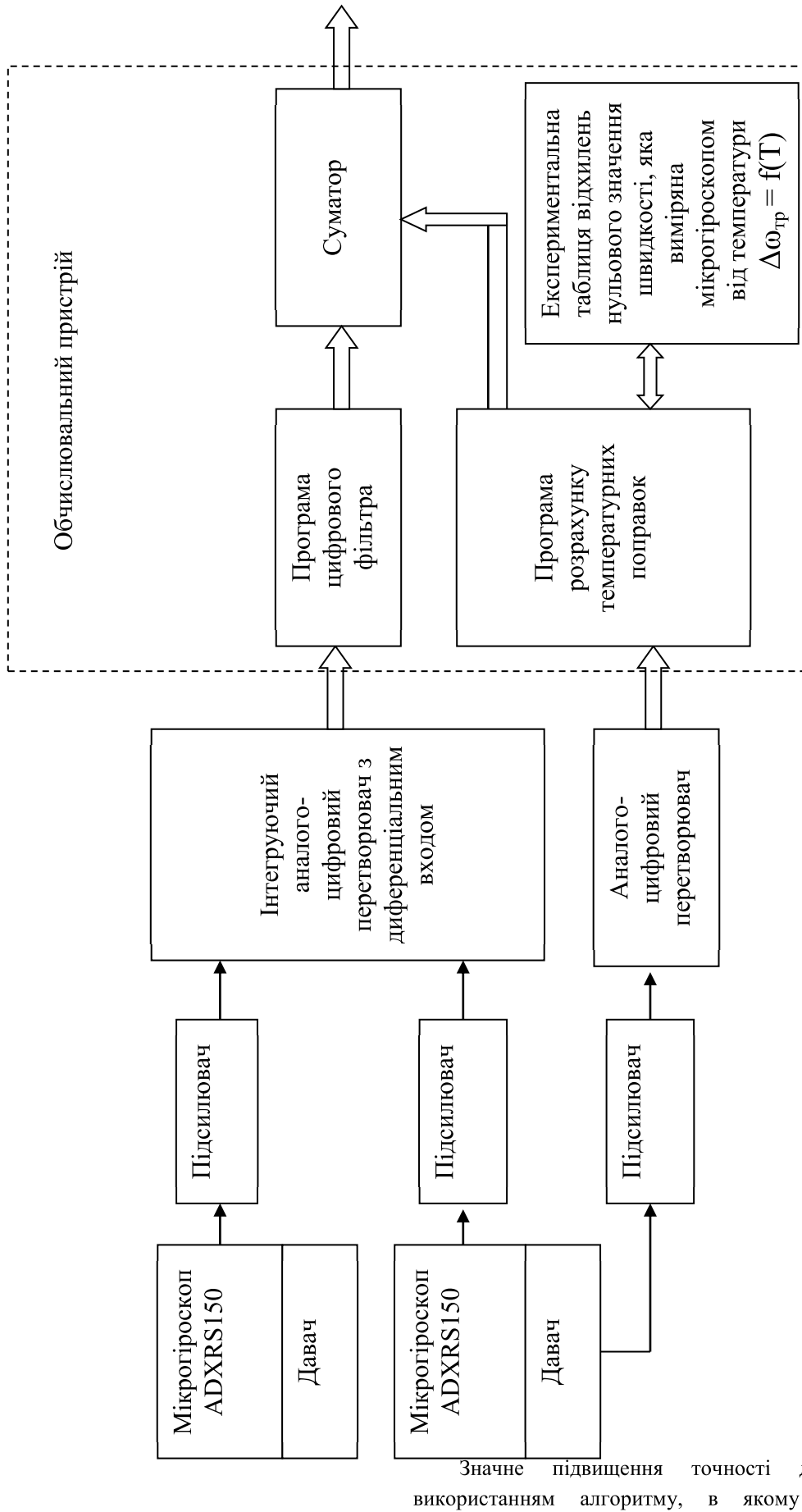


Рис. 2. Структурна схема гіроахометра з використанням мікрогіроскопів

розрахунку використовуються поправки, які залежать не тільки від температури, але і від швидкості, яку вимірюють.

$$\Delta\omega_{TP} = f(\omega_{ИЗМ}; T), \quad (3)$$

Потрібно відмітити, що застосування цього алгоритму вимагає великого обсягу експериментальних робіт у процесі виготовлення гіротахометра.

Висновки

1. Запропонована структура вимірювача кутових швидкостей на базі твердотілого мікрогіроскопа серії ADXRS.

2. Якість показів вимірювача кутових швидкостей визначається оптимальним синтезом параметрів цифрового фільтра і якістю алгоритму розрахунку температурних поправок.

Список літератури

1. Оліярник Б.О., Чайковський Р.І., Бондарук А.Б. Шляхи модернізації системи наведення і стабілізації серійних танків // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – № 2. – С. 183-189.

2. Александров Е.Е., Богатыренко К.И., Истомин А.Е. Физическое моделирование нейросетевой микропроцессорной системы наведения танковой пушки // *Артиллерийское и стрелковое вооружение*. – 2007. – № 1. – С. 27-30.

3. Чайковский Р.И. Программные средства для разработки и испытаний систем управления и стабилизации изделий бронетанковой техники // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – № 2. – С. 205-210.

4. Боевая машина пехоты БМП-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Часть 1. – Москва: Военное издательство, 1987.

5. Иванов Ю.В., Орлов В.А., Аладуев Р.В., Матвеев В.В. Исследование статических характеристик микромеханических датчиков инерциального модуля // *Датчики и системы*. – 2007. – № 1. – С. 25-26.

6. Расопов В.Я., Матвеев В.В., Малютин Д.М., Аладуев Р.В., Горин А.А., Иванов Ю.В. Информационно-управляющие системы на микрогіроскопах, вращающихся по крену летательных аппаратов // *Датчики и системы*. – 2007. – № 4. – С. 8-11.

7. Блок гіротахометров. Технические условия АЖИО.402132.006ТУ.

8. Голуб В. Гироскопические iMEMS - датчики угловых скоростей. Электронные компоненты и системы. – 2005. – № 5. – С. 3-6.

9. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – Санкт-Петербург. – 2005.

Рецензент: А.М. Зубков, д.т.н., с.н.с., Академія сухопутних військ, Львів.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОГИРОСКОПОВ В СТАБИЛИЗАТОРАХ ОСНОВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ЛЕГКОБРОНИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ

Б.А. Олиярник, Р.И. Чайковский

Предложен вариант применения твердотельных микрогіроскопов для измерения угловых скоростей в системах стабилизации вооружения бронетехники.

Ключевые слова: стабилизатор вооружения, микрогіроскоп,

EMPLOYMENT OF MICROGYROSCOPES IN STABILIZERS OF LIGHT ARMORED VEHICLES'

MAIN ARMAMENT

B. Oliyarnyk, R. Chaykovskyi

The option of employment of solid state microgyroscopes, designated for rotation sensing in the stabilizing systems of armored vehicles armament has been offered in the article.

Keywords: armament stabilizer, microgyroscope.