

УДК 629.7.05

Б.Ю. Тищенко, студент гр. ПГ-311мп  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ДВОВІСНИЙ ГІРОСТАБІЛІЗАТОР НЕПРЯМОЇ ДІЇ

**Анотація.** Здійснений огляд основних типів систем гіроскопічної стабілізації. Проаналізовано вплив основних моментів зовнішніх сил на точність гіростабілізатора: момент тертя, момент дебалансу, моменти тяжіння струмопідводів, момент обкатки, моменти сил інерції, що виникають при русі об'єкта з прискоренням. Розглянуто основи синтезу алгоритмів систем гіроскопічної стабілізації.

**Ключові слова:** гіроскопічна стабілізація, синтез систем керування.

### ВСТУП

Гіростабілізатори (ГС) являють собою гіроскопічні пристрої, що призначені для стабілізації окремих об'єктів або приладів, а також визначення кутових відхилень від заданого положення [1]. Інерціальні системи керування рухомими об'єктами вимагають стабілізації положення чутливих елементів з високою точністю, тому задача побудови автоматизованих систем стабілізації кутових положень є достатньо актуальною. Стабілізація полягає у визначенні параметрів кутового положення платформи з приладами і, відповідно, формування сигналів управління, що забезпечують необхідне положення платформи в обраній системі координат [2]. В даний час для визначення параметрів положення платформи, як датчики, зазвичай, використовуються гіроскопи різних типів.

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

Вибір типу системи гіроскопічної стабілізації виконується на основі вимог, які висуваються до точності та швидкодії, а також інформації щодо наявних виконавчих елементів, їх вартості та надійності. За принципом дії гіростабілізатори можна поділити на наступні типи:

- ГС безпосереднього типу, що стабілізуються безпосередньо гіроскопом; такі ГС як правильно одновісні і є звичайним триступеневим гіроскопом з великим кінетичним моментом;
- ГС силового типу, у яких стабілізація здійснюється гіроскопом спільного зі стабілізуючим двигуном. Чутливим елементом силового ГС є двоступеневий гіроскоп;
- ГС індикаторно-силового типу, в яких стабілізація здійснюється переважно стабілізуючим двигуном. Чутливим елементом індикаторно-силового ГС може бути інтегруючий поплавковий гіроскоп, датчик кутової;
- ГС індикаторного типу, у яких стабілізація здійснюється стабілізуючим двигуном, а гіроскоп є лише вимірювачем відхилення від необхідного положення.

Чутливим елементом гіростабілізатора непрямої дії є триступеневий астатичний гіроскоп або, наприклад, динамічно налагоджуваний гіроскоп. Двовісні гіростабілізатори застосовують для стабілізації та управління радіолокаційними антенами, прицілами, аерофотоапаратами, а також як чутливі елементи автопілотів та інерціальних систем. У двовісному ГС два одновісні ГС

з'єднані в єдину систему, принцип дії кожного окремого гіростабілізатора не відрізняється від принципу дії одновісного ГС або гірорами. Платформа двовісного ГС має два ступені вільності відносно об'єкта, на якому вставлена система стабілізації.

Основними збурюючими (шкідливими) моментами, що діють навколо осей стабілізації, є наступні[1]:

а) моменти «тяжіння» дротів-струмопідводів;

б) моменти тертя, що виникають в опорах осей карданового підвісу ГС.

в) моменти сил інерції, що виникають під час руху «обкатки» та при повороті рами карданова підвісу, що породжуються обертанням з прискоренням роторів електродвигунів розвантаження;

г) інерційні моменти платформи та рамок карданова підвісу, що виникають при поворотах корпусу ГС внаслідок геометричної похибки;

д) моменти сил інерції, що виникають при статичній незбалансованості елементів ГС в перехідних режимі польоту.

Момент, що створюється струмопідводом, пропорційний куту повороту рами карданова підвісу та при правильному виборі матеріалу та конструкції провідників є відносно невеликим. Абсолютне значення моменту визначається за емпіричними формулами в залежності від матеріалу дроту, кількості та довжини провідників.

Моменти сил тертя визначаються тертям в струмопідводах та датчиках кута контактного типу (за наявності), тертям безпосередньо в опорах карданова підвісу та моментами сил тертя в двигунах розвантаження, які приводяться до осей карданова підвісу.

Під час кутового руху об'єкта, на якому встановлений гіростабілізатор, відносно осей рами карданова підвісу, виникають моменти сил інерції внаслідок обкатки ротора двигуна розвантаження з редуктором відносно рами гіростабілізатора. Для уникнення впливу даного моменту бажано використовувати безредукторні двигуни розвантаження, які, в такому випадку, мають суттєву перевагу внаслідок відсутності моменту обкатки.

При кутових рухах основи внаслідок особливостей кінематики карданова підвісу зовнішня та внутрішня рами гіростабілізатора обертаються навколо осі стабілізації з різними кутовими швидкостями. В такому випадку, при періодичних кутових коливаннях об'єкта, на якому встановлений ГС, виникатиме момент сили інерції, що може досягати значних величин. Особливо це стосується гіростабілізаторів непрямої дії, в яких компенсація цього моменту сил інерції має повністю забезпечуватись системою розвантаження.

У перехідних режимах польоту об'єкта, на якому встановлюється гіростабілізатор, можуть виникати значні за амплітудою лінійні прискорення, які, в свою чергу, створюють значний момент сили інерції при незбалансованості елементів конструкції гіростабілізатора. Цей момент за величиною порівняний з моментами сил тертя.

Враховуючи складність кінематики та динаміки систем гіроскопічної стабілізації, проблема синтезу алгоритмів таких систем доволі складна та може розглядатись з різних позицій. Багато уваги при створенні таких систем

автоматичного керування приділяється оптимальним системам, тобто таким системам, що мають найкращі характеристики за певним критерієм. Як критерій оптимальності розглядають, як правило, мінімум визначеного функціоналу від величин, що характеризують стан системи. Таким чином можуть бути отримані системи, наприклад, оптимальні з точки зору швидкодії (мінімальний час переходу системи з одного стану до іншого) або оптимальні з точки зору витрат енергії (мінімум потужності, що споживає система керування) та ін.

Проблема оптимального керування полягає в синтезі оптимальної структури системи керування або оптимальному виборі параметрів системи при відомій структурі [3].

Прикладом розв'язку задачі синтезу оптимальної структури системи керування може бути визначення передатної функції системи, яка забезпечує мінімум середнього квадратичного відхилення похибки системи при дії на вході корисного сигналу та шуму, що розглядаються як стохастичні функції. Задача вибору параметрів системи при відомій структурі більш спеціалізована та зводиться до знаходження мінімуму певної функції, наприклад визначення часткових похідних по параметрах та прирівнянням їх до нуля. Проте, спроба побудови оптимальної системи, наприклад за швидкодією, виключно математичними методами може привести до такого результату, що буде неприйнятним за іншими показниками – надійності, маси, габаритів, енергоспоживання в т.д.

## **ВИСНОВКИ**

Використання гіростабілізаторів непрямой дії дозволяє створювати високоточні системи стабілізації кутових положень, що особливо важливо при використанні гіростабілізованих платформ з оптичними та навігаційними приладами. В таких системах гіроскопічної стабілізації можуть використовуватись малогабаритні гіроскопи. Зменшення габаритів системи в цілому також дозволяє мінімізувати вплив деяких шкідливих моментів та, відповідно, підвищити точність гіростабілізатора.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. В.А. Бесекерский, Е.А. Фабрикант. – Ленинград: Судостроение, 1968. – 352 с.
- [2] Индикаторні гіроскопічні платформи. А.Д. Олександров, Е.А. Правоторов, В.Ф. Рафельсон, М.П. Фельдман: / Під ред. А.Д. Олександрова. – Москва : Машиностроение, 1979. – 239 с.
- [3] Теорія систем керування. В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусев, О.В. Герасіна, В.П. Щокін. – Дніпро: НГУ, 2017. – 497 с.

*Наук. керівник – к.т.н., доцент Мураховський С.А.*