

УДК 681.7

І.В. Горжій , студент гр. ПМ-61
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СТАБІЛІЗАЦІЯ ОПТИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Анотація. В даній статті розглянуті найбільш поширені методи та засоби стабілізації оптичних приладів , проаналізовані їх переваги та недоліки, а також проведена оцінка точності стабілізації та факторів , що впливають на неї.

Ключові слова : стабілізація , оптичний прилад , фототехніка , відеотехніка.

ВСТУП

В сучасному світі по мірі розвитку суспільства зростають і вимоги до якості фото- та відеозаписів. Сфера використання фотокамер з кожним роком продовжує зростати: охоронні та реєструючі системи, професійні фотоапарати та аматорські камери, камери в телефонах тощо [1]. Телебачення і кіно широко застосовуються в наукових, навчальних, інформаційних і розважальних цілях. Зйомки часто ведуться з наземних, літальних, надводних і підводних рухомих об'єктів. В таких умовах зйомки оптичні прилади часто схильні до хитання або вібрації рухомої основи, на якій вони встановлені. Для отримання якісних відеозаписів та фотографій прилад необхідно стабілізувати для нівелювання цих вібрацій. Метою цієї статті є огляд методів та засобів стабілізації оптичних приладів, а також аналіз їх переваг та недоліків.

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ СТАБІЛІЗАЦІЇ

У більшості випадків точність стабілізації оптичного приладу визначається точністю приведення його (або візирного променя, або поля зору) до заданої позиції. Кут неузгодженості з заданим напрямом залежить від багатьох причин і розглядається як випадкова величина.

Для стабілізаторів, що застосовуються в оптичному приладобудуванні, дуже важливий спектральний склад помилки. Помилки чутливого елемента стабілізатора, обумовлені нестабільністю параметрів, відхідом гіроскопів і т. д., створюють збурення з частотою в кілька десятків разів меншою, ніж частота кутових коливань рухомого носія, і можуть викликати лише повільні зсуви стабілізованої платформи від заданого положення. На повільні зсуви платформи накладаються відносно швидкі рухи з частотами качки і власних коливань системи стабілізації, зі значно більшими амплітудами, зумовленими зовнішніми збуреннями на осях стабілізації і обкаткою стабілізуючих двигунів. Ця помилка визначається динамічними властивостями системи стабілізації як системи автоматичного регулювання і є головною при формулюванні вимог до динамічним характеристикам при розрахунку. Крім того, при стабілізації оптики велике значення мають нутаційні коливання гіроскопічної системи стабілізації.

Оскільки кутова роздільна здатність високоякісної оптики досить велика, то амплітуди нутаційних коливань можуть впливати на неї і викликати помітне погіршення частотно-контрастних характеристик оптичного приладу. Існує ряд оптичних приладів, у яких помилка відносно заданої позиції взагалі не є визначальною (наприклад, фотоапарат), а основний вплив на якість зображення стабілізації надають тільки високочастотні складові, що викликають змазування

зображення і погіршення роздільної здатності. При цьому критерієм якості стабілізації служить швидкість кутового руху платформи. Звідси виникнення такого класу приладів, як гіроскопічні демпфери, де коригуючий вплив з метою приведення стабілізуючого пристрою до заданої позиції немає.

З іншого боку, помилка у визначенні позиції, тобто помилка самих коригувальних елементів, може призвести в деяких оптичних приладах до серйозного спотворення самих спостережуваних параметрів. Підхід до якості стабілізації, оцінка допустимої помилки і швидкості її зміни дуже залежать від призначення оптичного приладу, його роздільної здатності, його конструктивних особливостей. [2]

РУКИ ЯК РУХОМА ОСНОВА

Для приладів, що працюють з рук, останні можуть розглядатися як рухома підстава. Дію нервово-м'язового апарату рук при напрузі на згинах суглобів, необхідному для підтримання приладу, супроводжується тремтінням, яке в біології має спеціальну назву – тремор. Суглобовий тремор залежить як від виду управління суглобним кутом, так і від психофізичного стану оператора. В даний час слід вважати, що спектр кутових коливань тремору має підйом в області 10 Гц, де амплітуда кутових коливань має величину від 10 до 20', і в низькочастотній області в районі від 1 Гц до 2 Гц, де амплітуда кутових коливань досягає 1°. Кутові коливання приладу залежать також від ваги, відстані від рук (руки) до центру тяжіння, виду захоплення, підтримки однієї або двома руками і т. д.

Тремтіння рук викликає зменшення контрастності зображення і погіршення межі розширення ока через інерційність зору. При малих частотах переміщення, пов'язаних зі спостереженням за об'єктом, що має малу відносну швидкість, мускулатура очі встигає відпрацювати рух об'єкта спостереження і змазування зображення на сітківці невелике. При великих частотах мускулатура ока не встигає за цим об'єктом, і за інерцією зображення змазується, втрачаючи деталі і контраст.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ

Розглянемо найбільш поширені типи стабілізаторів зображення, що застосовуються в сучасній фото- і відеотехніці:

- Оптичні стабілізатори.
- Стабілізатори з рухливою матрицею.
- Електронні стабілізатори.
- Гіроскопічні стабілізатори.

ОПТИЧНІ СТАБІЛІЗАТОРИ

У ряді випадків є можливість ввести в оптичну схему елементи, поворотом яких можна змінити напрямок візування. Якщо ці елементи досить малі і їх кутове переміщення менш енергозатратне, ніж кутове переміщення приладу або його оптичної головки, то завдання стабілізації поля зору сильно спрощується. Нижче наведено оптичні елементи, що використовуються для стабілізації та їх принцип дії.

Дзеркала. Для зміни напрямку променя візування може бути використано плоскопаралельне дзеркало з внутрішнім або зовнішнім відбиваючим покриттям. Щоб

зрушити візирний промінь на заданий кут, дзеркало повертають на половинний кут.

Клини. Для малого відхилення променя візування при значному механічному переміщенні застосовуються заломляючі оптичні клини. Конструктивно відхиляючий пристрій являє собою або пару обертових клинів, або клин, що переміщається уздовж осі в збіжному пучку (використовується в далекомірах).

Куб-призма. Складається з двох прямокутних призм, склеєних гранями гіпотенуз, що мають відображають покриття. При значному відхиленні кута візування працює тільки одна половина призми. Розміри куб-призми залежать від розміру пучка променів і кута гойдання. Недоліками кубу-призми є можливість працювати тільки в паралельних пучках, тому що в збіжних пучках викликає двоїння зображення, а також складність виготовлення, оскільки помилки кутів половинок призми і склейки порядку декількох секунд викликають двоїння зображення.

Рідинний клин. Кювета з еластичними стінками, прозорими вікнами, заповнена прозорою рідиною, використовується в системах стабілізації поля зору як регульований оптичний клин. Залежно від нахилу скляного вікна візирний промінь, що проходить через кювету, відхиляється в ту або іншу сторону. Конструктивно краї кювети виконуються гофрованими, у вигляді металевого сильфона. Осі повороту вікон робляться схрещеними під кутом 90° , завдяки чому за допомогою однієї кювети виходять відхилення променя візування по двох взаємно перпендикулярним осям. [3]

СТАБІЛІЗАТОРИ З РУХОМОЮ МАТРИЦЕЮ

У 2003 році була розроблена технологія стабілізації із зсувом матриці. Для компенсації коливань фотоапарата, в даній системі використовується не рухома оптична система, а рухома матриця, закріплена на платформі. Це дає декілька переваг. Об'єктиви стають дешевшими, простішими і надійнішими. Стабілізація з рухливою матрицею може застосовуватися на фотоапаратах з будь-якою оптикою. Це важливо для дзеркальних фотоапаратів, що мають змінну оптику. Стабілізація зі зсувом матриці, на відміну від оптичної, не вносить спотворень в картинку (можливо, крім викликаних нерівномірною різкістю об'єктива) і не впливає на силу світла об'єктива. Однак вважається, що стабілізація з рухливою матрицею є менш ефективною, ніж оптична стабілізація.

ЕЛЕКТРОННІ СТАБІЛІЗАТОРИ

EIS (англ. Electronic Image Stabilizer - електронна стабілізація зображення). В даному виді стабілізації близько 40% пікселів застосовуються тільки для стабілізації зображення і ніяк не беруть участь у формуванні картини. При тремтінні камери картинка «плаває» по матриці, а процесор фіксує ці коливання і вносить корекцію, використовуючи резервні пікселі для компенсації тремтіння картини. Дана система стабілізації має нижчу якість, ніж інші системи стабілізації, проте вона принципово дешевше, так як не вносить в механічну систему фотоапарата додаткових елементів.

ГІРОСКОПІЧНІ СТАБІЛІЗАТОРИ

Гіроскопічний стабілізатор – гіроскопічний пристрій, принцип дії якого заснований на безпосередньому використанні стабілізуючих властивостей астатичного

гіроскопа. Стабілізуючий вплив у цьому разі виникає в результаті виникнення гіроскопічного моменту при впливі зовнішніх сил, що намагаються змінити положення гіроскопа в просторі. Гіроскоп має становити істотну частину маси системи і мати досить великим кінетичним моментом. Силовий гіроскопічний стабілізатор або гірорама - так називається гіроскопічний пристрій, в якому гіроскопічний момент використовується тільки в початковий проміжок часу, а для створення стабілізуючого впливу далі використовується спеціальний стабілізуючий або розвантажувальний двигун. Силовий гіростабілізатор – це електромеханічний гіроскопічний пристрій.

Гіроскопічний демпфер. Цей термін введений для гіроскопічних пристроїв, в яких сили гіроскопічної реакції використовуються для придушення високочастотної складової кутових коливань стабілізуючого об'єкта. Стабілізуючий момент в гіроскопічному демпфері залежить від частоти збурюючої дії. При нульових частотах (або близьких до них) гіродемпфер не розвиває моменту протидії або, іншими словами, стабілізуючого моменту.

Перераховані гіроскопічні пристрої відносяться до пристроїв силового типу. В індикаторних або непрямих гіроскопічних стабілізаторах оптичний прилад встановлюється в окремому карданному підвісі, пов'язаному з позиційним гіропристроєм не механічно, а електрично. Тут гіроскопічний прилад є тільки показником (індикатором) положення в просторі. [4]

ВИСНОВКИ

В наш час існує дуже багато методів та засобів стабілізації оптичних приладів, кожен з яких має різну фізичну природу, економічне обґрунтування та галузь застосування. Але незважаючи на це, існує потреба в розробці нових технологій та вдосконаленні вже існуючих, тому що актуальність використання фото- та відеотехніки в нашому світі зростає з кожним днем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Нечай, С.О. Дослідження ефективності систем стабілізації зображення фотокамер / С.О. Нечай, Т.В. Хильненко // Журнал “Вісник Національного технічного університету ХПІ ” Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. — 2015. — № 22. — С. 35-38.
- [2] Татарников, Е. В. Проектирование стабилизатора видеокамеры. Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 327 с.
- [3] Карпухин , И. В. Способы стабилизации изображения / И. В Карпухин // Журнал “Евразийский научный журнал”. — 2016. — № 2. — С. 1967-1978.
- [4] Смирнов, В.А. Система стабилизации и управления линии визирования подвижных объектов , построенная на трехстепенном гироскопе: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Смирнов Владимир Александрович; Тульский государственный университет, 2000. — 24-31 с.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Нечай С.О.