

БЕЗКОНТАКТНИЙ ДАТЧИК КУТОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ОПОРНО-ПОВЕРТАЛЬНОГО ПРИБОРУ ВУЗЬКОСПРЯМОВАНОЇ АНТЕНИ

До точності встановлення кутового положення опорно-повертального пристрою (ОПП) антенної системи (АС) радіоканалу зв'язку з космічним апаратом (КА), що здійснює орбітальний рух на низькій навколосезній орбіті висуваються дуже високі вимоги. Для радіоканалу X – діапазону припустима сумарна кутова помилка встановлення кутового положення діаграми спрямованості антени складає одиниці кутових хвилин. Відповідно, сучасні АС таких каналів радіозв'язку мають високоточні комп'ютерні автоматичні системи управління (АСУ). Ці АСУ мають в своєму складі високоточні датчики кутового положення – енкодери. Такі енкодери є точними оптико-механічними приладами, що мають працювати в складних атмосферних умовах. Це робить такі енкодери досить коштовними.

Більшість ОПП АС мають у своїй конструкції вимірювальні лімба – шкали з вертикальними рисками для калібрування ОПП та ручного встановлення кутового положення антени. Це нашоє на думку, що АСУ АС може вимірювати кутове положення антени шляхом оцінювання відносного зсуву зображення лімба, яке можна отримати з дешевої WEB-камери.

Таке рішення, крім меншої вартості, дасть ряд переваг. По-перше – це відсутність механічного з'єднання датчика та рухомих елементів ОПП, що збільшить надійність системи. По-друге, дешеві WEB – камери мають інтерфейс USB, що значно спрощує їх підключення в АСУ. До того ж, вони можуть мати Wi-Fi інтерфейс, що робить ОПП дистанційно керованим без дротового з'єднання за умови управління двигунами ОПП через WiFi.

WEB – камери встановлюються жорстко на кронштейнах напроти лімбів обертання антени по азимуту куту місця. Камери встановлені так, щоб напрямок рядків на кадрах відеопотоку співпадає з напрямком пересування лімба. Тобто, напрямок рядків на кадрах має бути перпендикулярним до рисок на лімбі. З метою отримання контрастного зображення здійснюється підсвічування лімбів світлодіодами камер. Введення в АСУ відеопотоків зображень здійснюється через інтерфейс USB комп'ютера управління.

З вхідних відеопотоків періодично, за заданим часовим інтервалом виділяються окремі кадри, які є зображеннями, що підлягають оцінюванню взаємного розсміщення в напрямку пересування лімба. Виділення потрібних кадрів з потоку здійснюється програмою на основі бібліотеки EmguCV[1], що є Net – доповненням до бібліотек OpenCV[2]. Послідовно введені сусідні зображення лімба обробляються на предмет обчислення відносного зсуву вздовж рядків спеціально розробленою програмою з застосуванням модулів бібліотеки OpenCV. З метою зменшення впливу шумів рядки зображень усереднюються з подальшим записом до одновимірного масиву середніх значень за стовпчиком. Зсув зображень обчислюється швидким кореляційним методом на основі отриманих одновимірних масивів середніх значень. При цьому в середині створеного одновимірного масиву поточного кадру зображення виділяється вікно розміром 64 значення. Це вікно є еталоном для лінійної згортки з масивом середніх попереднього захопленого кадру відеопотоку.

Для експериментальної перевірки можливостей реалізації датчика кутового положення на основі WEB – камери був створений робочий макет з дешевої камери WC-2629 та АС «Дельта», що використовується у Житомирському військовому інституті. Камера встановлювалася на кронштейні в 30 см від азимутального лімба ОПП.

За характеристиками камери (фокусна відстань об'єктива – 3,7 мм, розмір елемента ПЗЗ матриці – 10 мкм, число елементів у рядку матриці ПЗЗ – 320) розраховане значення інструментальної похибки вимірювання азимутального кута повороту складало 2'45,6".

Проведене статистичне випробування створеного датчика показало, що розроблений пристрій повністю задовольняє задані вимоги до точності: середньоквадратична похибка датчика на основі WEB-камери складала 3,96'. Усереднення проводилося на 100 вимірюваннях. Якщо в конструкції датчика використати сучасну дешеву HD WEB-камеру з більшою кількістю пікселів у рядку кадру, розмір вікна еталону можна збільшити, а камеру розмістити ближче. Це значно зменшить похибки вимірювання.

Список використаних джерел

1. Python 3 OpenCV Script to Extract Frames of MP4 Video & Save it as PNG/JPEG Images. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://youtu.be/6eN9wyM_5QY/15.03.2024 р.
2. Tutorial – EmguCV: OpenCV in .NET (C#, VB, C++ and more). [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.emgu.com/wiki/index.php/Tutorial/>