

ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗКОНТАКТНОГО ДАТЧИКА ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МІТКИ

В сучасних системах автоматичного управління механічними пристроями нерідко використовуються безконтактні датчики просторового положення фізичного об'єкта на основі сучасних ПЗЗ відеокамер. Просторове положення об'єкта управління (зсув, поворот тощо) оцінюється на основі положення спеціальних міток на кадрах відеопотоку за допомогою цифрових методів обробки зображень та фотограмметрії. Побудова таких датчиків для високоточних систем в заданих умовах вимагає висування певних вимог до конструкції і параметрів складових датчика: відеокамери, міток, а також до методів і алгоритмів обробки кадрів відеопотоку.

Вимоги до конструкції і параметрів складових датчика визначаються на основі вимог до його точнісних характеристик з боку системи автоматичного управління. Такими характеристиками за звичай є точність визначення векторів координат і швидкості переміщення вимірювальних міток. Для автоматизованої системи управління (АСУ) наземної антенної системи (АС) радіоканалу зв'язку з космічним апаратом (КА) в X-діапазоні вимоги надаються в одиницях кутових хвилин. Тому основна увага дослідження була надана саме визначенню зв'язків точнісних характеристик датчиків з параметрами складових датчика та умовами його роботи.

Вважається, що параметри і характеристики такого датчика є сталими або керованими під час експлуатації. Тому постійними складовими похибок оцінювання в дослідженні знехтувано, бо постійні складові похибок просто усуваються шляхом калібрування та алгоритмічного оброблення після вимірювання. За оцінки точності в досліджуванні береться тільки СКВ оцінювання векторів координат і швидкості переміщення вимірювальних міток. Динамічні складові похибок не оцінювалися, бо в даних умовах частота кадрів відеокамери є надлишковою: часовий інтервал між сусідніми кадрами в десятки разів менший за час, коли об'єкт управління змінить свій стан на значиму частку.

Для відеокамери це кількість елементів в рядках і стовбцях ПЗЗ-матриці, фокусна відстань об'єктиву камери, кут захоплення об'єктиву, вхідний отвір об'єктиву, порогова чутливість та динамічний діапазон ПЗЗ-матриці, розрядність АЦП, частота кадрів, світловий потік, що створюють підсвічувальні світлодіоди в напрямку на мітку. Для вимірювальних міток параметрами і характеристиками є фізичний розмір мітки, відбивні здатності фону і малюнка, детальність малюнка мітки, патерн мітки, який визначає кількість і форму піків автокореляційної функції мітки. До характеристик умов роботи датчика відносяться відстань до об'єкта управління, характеристики середовища розповсюдження світла між об'єктом і відеокамерою (коефіцієнти прозорості та розсіювання, характеристики заломлення та турбулентності). Характеристиками методів і алгоритмів є обчислювальна складність та залишкова інструментальна похибка.

Дослідження проводилося для застосування результатів в конкретних умовах: безконтактний датчик на основі звичайної камери спостереження із з'єднанням по бездротовій мережі WiFi, яка спостерігає лімб опорно-повертального пристрою (ОПП) наземної антенної системи (АС) радіоканалу зв'язку з космічним апаратом (КА), що здійснює орбітальний рух на низькій навколосемній орбіті. Камера встановлюється жорстко на кронштейні напроти лімбу обертання антени по азимуту або куту місця. Лімб є вимірювальною міткою і являє собою матовану алюмінієву смугу з чорними вертикальними градусними мітками, товщиною 0,5 мм з кроком 4,3633мм. Між камерою та поверхнею лімбу повітряний шар без домішок та опадів. Камера встановлена так, щоб напрямок рядків на кадрах відеопотоку співпадав з напрямком пересування лімбу. Для контрастного зображення здійснюється підсвічування лімбів світлодіодами камер. Відеопотоки зображень вводяться в комп'ютер, де здійснюється виділення сусідніх кадрів потоку, усереднення значень пікселів за стовбцями у вікні аналізу, швидке обчислення взаємної кореляційної функції зображень з сусідніх кадрів, та знаходження відносного зсуву їх максимумів з наступним перерахунком в абсолютні значення кутового положення АС, відносний кутовий зсув. Обчислене кутове положення вводиться до алгоритму АСУ за вимірними значеннями.

В результаті дослідження виведені основні залежності між параметрами елементів датчика та СКВ похибок оцінювання векторів просторового положення та швидкості міток на об'єкті. Оцінений вплив кожного параметра. Для заданих умов застосування визначені основні вимоги до характеристик елементів датчика.