



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57750 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01B 11/26 (2011.01)
G01D 5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІЩЕННЯ ОСІ КОДОВОГО ДИСКА АБСОЛЮТНОГО ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ДАВАЧА КУТА

1

2

(21) u201010225

(22) 19.08.2010

(24) 10.03.2011

(46) 10.03.2011, Бюл.№ 5, 2011 р.

(72) ЧАЙКОВСЬКИЙ АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, ПАЛАМАР МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ

(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

(57) Спосіб визначення зміщення осі кодового диска абсолютного оптоелектронного давача кута, що полягає у нанесенні на диск однієї кодової доріжки, що складається із прозорих та непрозорих секторів різної ширини та фотоелектричному зчитуванні цієї послідовності за допомогою однорядкової фотоматриці та додаткового діаметрально протилежно розміщеного детектора, який **відрізняється** тим, що як додатковий детектор використовують другу однорядкову фотоматрицю, а зміщення осі кодового диска вздовж осі фотоматриці

триці визначають за кутами між початком відліку диска та межами секторів, що проектується на початки відліку фотоматриць, та за зміщеннями меж тіней секторів відносно початку відліку фотоматриць за формулою:

$$\Delta x = \frac{((\alpha_4 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_3 + (\alpha_3 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_4) \cdot b_1 + ((\alpha_4 - \alpha_1 + \pi) \cdot b_3 + (\alpha_3 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_4) \cdot b_2}{(\alpha_4 - \alpha_3) \cdot (b_1 + b_2) + (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot (b_3 + b_4)}$$

де:

Δx - зміщення центру кодової послідовності вздовж осі фотоматриці,

$\alpha_1 \dots \alpha_4$ - кут між початком відліку диска і межами секторів, що проектується на центри фотоматриць,

$b_1 \dots b_4$ - відстань від середини фотоматриці до меж тіней секторів, що проектується на центр фотоматриці.

Корисна модель стосується вимірювальної техніки і може бути використана для вирішення задачі самодіагностики давача кута.

Відомий спосіб визначення кутового положення диска полягає в нанесенні однієї кодової доріжки із секторів різної ширини та її зчитуванні за допомогою однорядкової фотоматриці, що розміщена вздовж хорди диска. За отриманим зображенням визначають кутове зміщення зображень секторів відносно початку відліку кодової послідовності та зміщення секторів відносно фотоматриці, що розраховується за положеннями центроїд зображень двох секторів. Кутове положення диска знаходять як суму двох попередніх значень. (Примітки по технічному використанню фотоматриць TAOS «Design Considerations for an Absolute Steering Angle Encoder Demo» <http://www.taosinc.com/getfile.aspx?type=press&file=encoderdesign4b.pdf>)

Недоліком згаданого способу є похибка вимірювання, викликана зміщенням осі кодового диска, яке може бути спричинене ексцентриситетом кодової послідовності або зношенням підшипників.

Щоб своєчасно виявити метрологічну відмову давача кута в процесі роботи важливо контролювати необертове зміщення його осі.

Відомий спосіб визначення зміщення осі кодового диска передбачає використання додаткової доріжки із концентричних кіл та додаткового детектора для визначення необертowego радіального переміщення диска та розміщення додаткової доріжки на периферійній поверхні диска для визначення осьового зміщення диска. При перевищенні осьового чи радіального переміщення деякого порогового рівня подається сигнал про потребу обслуговування чи заміни давача. (див. патент GB2430818A, МПК H03M1/30, 2007).

Недоліком способу є те, що він дозволяє фіксувати переміщення центру осі диска лише при його обертанні у ввімкненому стані - зразу ж після ввімкнення ця інформація відсутня. Окрім того, спосіб вимагає нанесення додаткової доріжки.

Найближчим за технічною суттю та результатом є спосіб визначення зміщення осі кодового диска абсолютного оптоелектронного давача кута, що полягає у нанесенні на диск однієї кодової до-

(13) U

(11) 57750

(19) UA

ріжки, що складається із прозорих та непрозорих секторів різної ширини та фотоелектричному зчитуванні цієї послідовності за допомогою однорядкової фотоматриці та додаткового діаметрально протилежно розміщеного детектора. (Див. патент OPHDE4436784 МПК⁶ G01B11/00, 1995)

Недоліком цього способу як і попереднього є неможливість отримання інформації про зміщення осі диска в статичному положенні - зразу ж після ввімкнення давача та нечутливість до зміщень осі диска у вимкненому стані.

В основу корисної моделі спосіб визначення зміщення осі кодового диска абсолютного оптоелектронного давача кута покладена задача підвищення його надійності шляхом забезпечення користувача оперативною інформацією про змі-

щення осі диска викликаного похибкою встановлення чи зношенням підшипника.

Поставлена задача розв'язується шляхом нанесення на диск однієї кодової доріжки, що складається із прозорих та непрозорих секторів різної ширини та фотоелектричному зчитуванні цієї послідовності за допомогою однорядкової фотоматриці та додаткового діаметрально протилежно розміщеного детектора, притому як додатковий детектор використовують другу однорядкову фотоматрицю, а зміщення осі кодового диска вздовж осі фотоматриці визначають за кутами між початком відліку диска та межами секторів, що проектується на початки відліку фотоматриць та за зміщеннями меж тіней секторів відносно початку відліку фотоматриць за формулою:

$$\Delta x = \frac{((\alpha_4 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_3 + (\alpha_3 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_4) \cdot b_1 + ((\alpha_4 - \alpha_1 + \pi) \cdot b_3 + (\alpha_3 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_4) \cdot b_2}{(\alpha_4 - \alpha_3) \cdot (b_1 + b_2) + (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot (b_3 + b_4)}$$

де:

Δx - зміщення центру кодової послідовності вздовж осі фотоматриці,

$\alpha_1 \dots \alpha_4$ - кут між початком відліку диска і межами секторів, що проектується на центри фотоматриць,

$b_1 \dots b_4$ - відстань від середини фотоматриці до меж тіней секторів, що проектується на центр фотоматриці,

при цьому якщо визначений кут α_1 менший $5\pi/4$ або більший $7\pi/4$ то значення кутів $\alpha_1 \dots \alpha_4$ корегують за такими правилами:

якщо $\alpha_1 > 3\pi/2$, то $\alpha_1 \leftarrow \alpha_1 - 2\pi$;

якщо $\alpha_2 > 3\pi/2$, то $\alpha_2 \leftarrow \alpha_2 - 2\pi$;

якщо $\alpha_3 > \pi/2$, то $\alpha_3 \leftarrow \alpha_3 - 2\pi$;

якщо $\alpha_4 > \pi/2$, то $\alpha_4 \leftarrow \alpha_4 - 2\pi$.

На фіг. 1 показано схему взаємного розміщення кодового диска, фотоматриць та освітлювачів давача кута, на фіг. 2 приведено фрагмент зображення кодової послідовності, отриманого із фотоматриці, на фіг. 3 показано схему проектування секторів кодового диска 1 на фотоматриці 2, на фіг. 4 показані результати моделювання алгоритму визначення зміщення центру кодової послідовності.

Спосіб реалізується таким чином. На оптично прозорий диск 1 (фіг. 1) наносять одну кодову до-

ріжку із прозорих та непрозорих секторів різної ширини. Диск закріплюють на осі 4, що може вільно обертатися в підшипниках 5. Вздовж діаметрально протилежних хорд диска розміщують дві однорядкові фотоматриці 2 на поверхню яких за допомогою двох точкових джерел світла 3, які розміщують навпроти фотоматриць із протилежної сторони диска проектують зображення секторів. Причому кодову послідовність будують таким чином, що будь-який фрагмент послідовності секторів, який проектується на фотоматрицю є унікальний для всієї кодової послідовності. Далі, за отриманими з фотоматриць зображеннями кодового диска, визначають ширини тіней секторів та розпізнають фрагменти кодової послідовності що проектується на фотоматриці, а отже отримують зміщення щ кожного із видимих секторів відносно початку відліку диска (сектора 0) (див. фіг. 3). Далі, уточнюють положення меж тіней секторів $b_1 \dots b_4$, що проектується на початки відліку фотоматриць. Зміщення осі диска вздовж осі фотоматриці визначають за кутами між початком відліку диска та межами секторів, що проектується на початки відліку фотоматриць ($\alpha_1 \dots \alpha_4$) та за зміщеннями меж тіней секторів відносно початку відліку фотоматриці ($b_1 \dots b_4$) згідно формули

$$\Delta x = \frac{((\alpha_4 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_3 + (\alpha_3 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_4) \cdot b_1 + ((\alpha_4 - \alpha_1 + \pi) \cdot b_3 + (\alpha_3 - \alpha_2 + \pi) \cdot b_4) \cdot b_2}{(\alpha_4 - \alpha_3) \cdot (b_1 + b_2) + (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot (b_3 + b_4)}$$

де:

Δx - зміщення центру кодової послідовності вздовж осі фотоматриці,

$\alpha_1 \dots \alpha_4$ - кут між початком відліку диска і межами секторів, що проектується на центри фотоматриць,

$b_1 \dots b_4$ - відстань від середини фотоматриці до меж тіней секторів, що проектується на центр фотоматриці,

при цьому якщо визначений кут α_1 менший $5\pi/4$ або більший $7\pi/4$ то значення кутів $\alpha_1 \dots \alpha_4$ корегують за такими правилами:

якщо $\alpha_1 > 3\pi/2$, то $\alpha_1 \leftarrow \alpha_1 - 2\pi$;

якщо $\alpha_2 > 3\pi/2$, то $\alpha_2 \leftarrow \alpha_2 - 2\pi$;

якщо $\alpha_3 > \pi/2$, то $\alpha_3 \leftarrow \alpha_3 - 2\pi$;

якщо $\alpha_4 > \pi/2$, то $\alpha_4 \leftarrow \alpha_4 - 2\pi$.

Приклад конкретної реалізації способу визначення кутового положення кодового диска оптоелектронного давача кута. Кодовий диск діаметром 50 мм закріпили на осі. Дві фотоматриці TSL1401R розмістили вздовж хорд диска на відстані 22 мм від його осі та на відстані 1,5 мм від fotocутливої поверхні матриці. На відстані 14 мм від поверхні фотоматриць розмістили два освіт-

лювачі - світлодіоди в корпусі 0603, що випромінюють світло з довжиною хвилі $\lambda=650$ нм. За допомогою мікроконтролера ADuC841 отримували і аналізували зображення тині кодового диска (фіг. 2). В залежності від ширини і освітленості кожен смугу інтерпретували як певний символ, відкидаючи як неповні крайні смуги. Наприклад, зображення на фіг. 2 ставили у відповідність послідовність символів "0,0,0|1,0,0,0". Знайшовши входження отриманого рядка символів у таблицю кодової послідовності визначили номери секторів, що проєктуються на фотоматрицю. За знайденими номерами секторів із таблиці зміщення секторів отримали кути між початком відліку диска та межами секторів, що проєктуються на початки відліку фотоматриць $\alpha_1=4,499$ рад, $\alpha_2=4,514$ рад, $\alpha_5=1,421$ рад, $\alpha_4=1,436$ рад. При цьому виміряні положення меж проєкцій секторів відносно початку відліку фотоматриць склали $b_1=387$ мкм, $b_2=16$ мкм, $b_3=29$ мкм, $b_4=348$ мкм. Початок відліку фотоматриць прив'язували до початку 63 пікселя матриці. Роз-

раховане зміщення диска склало $\Delta x=654$ мкм. Дані отримані за допомогою математичної моделі.

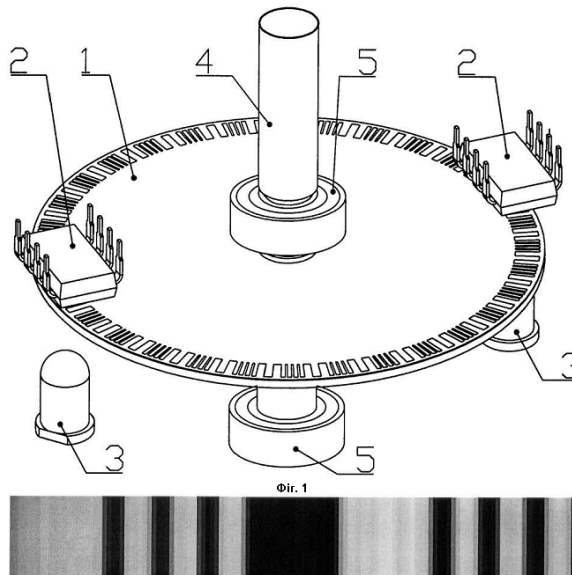
Для іншого положення диска отримали наступні значення: $\alpha_1=3,075$ рад, $\alpha_2=3,1257$ рад, $\alpha_3=0$ рад, $\alpha_4=0,0315$ рад, $b_1=1274$ мкм, $b_2=112$ мкм, $b_3=536$ мкм, $b_4=256$ мкм. Розраховане зміщення диска склало $\Delta x=539$ мкм.

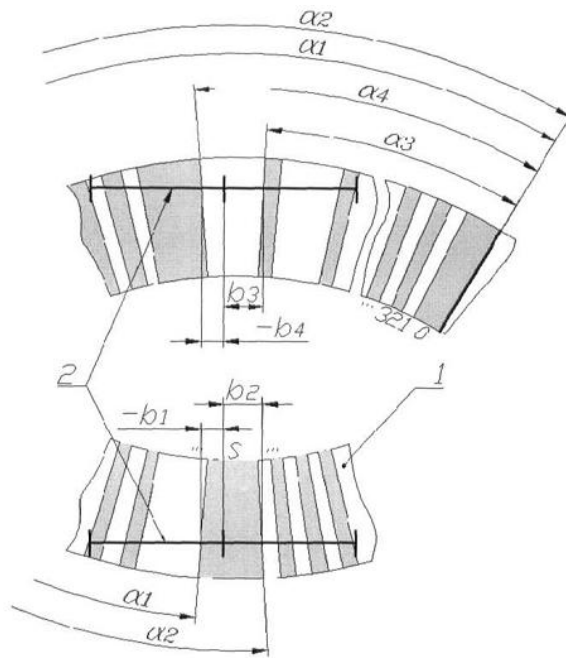
Результати розрахунку зміщення осі диска для різних положень диска відображені у вигляді графічної залежності на фіг. 4. Графік отриманий за допомогою математичної моделі, що враховувала взаємне розміщення компонентів давача та закони геометричної оптики. Під час моделювання по заданому куту та геометрії давача розраховувалися положення тіней секторів відносно фотоматриць. Далі, за допомогою способу із знайдених положень тіней та відомих кутових зміщень меж секторів визначалося зміщення осі диска. Графік на фіг. 4 побудований для таких параметрів давача:

Номінальна відстань між матрицями	44 мм
Відстань від освітлювача до диска	12,5 мм
Відстань від освітлювача до матриці	14 мм
Товщина корпусу матриці	1 мм
Коефіцієнт заломлення матеріалу корпусу	1,55
Похибка встановлення другої матриці	0,05 мм, 0,1 мм, 1°
Зміщення осі диска Δx , Δy	0,5 мм, 1 мм
Зміщення освітлювача 1 ΔL_x , ΔL_z	0,25 мм, 0 мм
Зміщення освітлювача 2 $\Delta L'_x$, $\Delta L'_z$	0,01 мм, 0,1 мм
Зміщення площини диска ΔT_z	0,5 мм
Ексцентриситет	0,1 мм

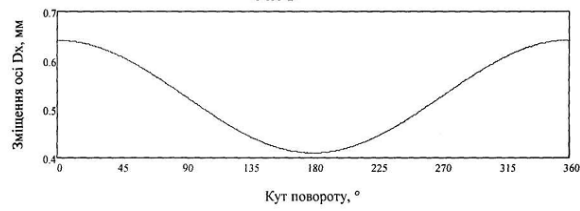
Таким чином запропонований спосіб дозволяє підвищити надійність оптоелектронного давача кута шляхом контролю зміщення осі кодового дис-

ка та інформування користувача про відмову давача через похибку встановлення кодового диска чи зношення підшипників.





Фиг. 3



Фиг. 4