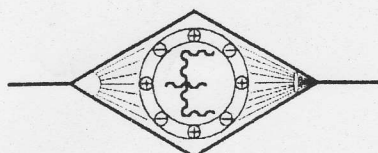


Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Академія інженерних наук України
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України
Ужгородський національний університет
Грузинський технічний університет
Люблінський технічний університет
Карпатський державний центр інформаційних засобів і технологій НАН України
Українське відділення SPIE – Міжнародне товариство оптичної техніки



Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у 2001 році
Виходить 2 рази на рік

№2 (10), 2005

Передплатний індекс 91673

Зареєстрований Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво про реєстрацію – КВ № 4975 від 23.03.2001 р.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ВНТУ, протокол №6 від 29 грудня 2005 р.

Міжнародний науково-технічний журнал "Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології" є науковим виданням, публікації в якому визнаються при захисті дисертаційних робіт з технічних наук (постанова Президії ВАК України №1-05/6 від 12 червня 2002 року)

© Вінницький національний технічний університет, оформлення, верстка, 2005

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:
Україна, 21021, м. Вінниця,
вул. Хмельницьке шосе, 95.

Тел.: +380 (432) 59-81-25; 59-80-19
Факс: +380 (432) 46-57-72
<http://www.vstu.vinnica.ua/~oeipt/>
E-mail: oeipt@vstu.vinnica.ua

**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

ЗМІСТ

Водотовка В.І., Репа Ф.М. Система автоматичного підстроювання частоти генератора НВЧ на резонансне навантаження	110
Поморова О.В., Чайковський Д.Ю. Розподілена мультиагентна система діагностування комп'ютерних пристроїв	114
Медзатий Д.М. Мікропроцесорні пристрої та системи як об'єкти прогнозування	119
Семенов А.О. Генератор гармонічних коливань НВЧ діапазону на основі транзисторної структури з від'ємним опором	124

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

Довгалець С.М., Гончарук О.В., Томків В.В. Використання методів реконструкції цифрових голограм в ендоскопії	132
--	-----

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Осадчук В.С., Осадчук О.В., Прокопова М.О. Дослідження частотного перетворювача концентрації газу на основі біполярного та МДН транзисторів	137
Осинский В. И., Раков А. В. Мультиспектральные диодные источники света	143
Петрук В.Г., Васильківський І.В., Кватернюк С.М. Автоматизований контроль домішок у водно-дисперсних середовищах	164
Даниленко О.О., Кравченко Ю.С., Осадчук В.С. Оптичний емісійно-спектральний контроль процесів травлення в низькотемпературній плазмі	173
Шабатура Ю.В., Овчинников К.В. Моделювання вимірювального перетворювача для визначення характеристик обертальних рухів	181
Мокін В.Б., Крижанівський Є.М., Коновалюк Ю.М. Автоматизована ідентифікація геоінформаційних моделей об'єктів моніторингу поверхневих вод області	187
Козуля Т.В. Теоретичні аспекти створення корпоративної системи екологічного управління	193
Білинський Й.Й., Городецька О.С. Роль поверхневих явищ в різних процесах та оптичні засоби визначення поверхневого натягу	198
Гненний В.О. Контроль грубих помилок при вимірюванні координат у навігаційних системах на базі GPS приймачів	204

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЦО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Лисенко Г.Л., Тютюнник І.І. Пристрій моніторингу оптичного волокна	208
Білан С.М., Шварц І.М. Проблеми обміну даних в реалізації корпоративних мереж	213
Ткаченко О.М., Феферман О.Д., Хрущак С.В. Розробка кодових книг для вокодера на основі LSP	219

УДК 621.313.333

Ю.В. ШАБАТУРА^а, К.В. ОВЧИННИКОВ^б**МОДЕЛЮВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЕРТАЛЬНИХ РУХІВ.**^а *Вінницький національний технічний університет
95, Хмельницьке шосе, м. Вінниця, 21021, Україна*^б *Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів, Україна*

Анотація. Виконано аналіз конструкції оригінального вимірювального перетворювача для визначення характеристик обертальних рухів, синтезовано його математичну модель, здійснено теоретичний аналіз отриманих статичних метрологічних характеристик. Запропоновано можливий варіант перспективного вдосконалення вимірювального перетворювача для застосування його в цифрових інформаційно-вимірювальних системах безпосередньо без додаткового аналого-цифрового перетворення.

Анотация. Выполнен анализ конструкции оригинального измерительного преобразователя для определения характеристик вращательных движений, синтезирована его математическая модель, осуществлен анализ полученных статических метрологических характеристик. Предложен возможный вариант перспективного совершенствования измерительного преобразователя для применения его в цифровых информационно-измерительных системах непосредственно без дополнительного аналого-цифрового преобразования.

Abstract. The modification of measurement converter for determination of rotary motion is proposed in this paper. The mathematical model of measurement converter is synthesis. The basic static metrological adjectives theoretically was analyzed. Possible modification of measurement converter is proposed.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку вимірювальної техніки до елементів вимірювальних систем висуваються досить жорсткі вимоги, причому, метрологічні характеристики вимірювальних систем в значній мірі визначаються можливостями первинних вимірювальних перетворювачів. Перш за все такі перетворювачі повинні забезпечувати високу точність вимірювань, мати високі показники надійності і відповідати принципу багатофункціональності. Тому переважним напрямком вдосконалення вимірювальних систем є розробка та впровадження нових високоточних і надійних первинних вимірювальних перетворювачів.

Особливе значення і вирішальна роль в процесі вимірювання належить вимірювальним перетворювачам, як засобам отримання інформації про значення фізичних величин [1]. Для повноцінного використання вимірювальних перетворювачів, зокрема перетворювачів обертальних рухів необхідно здійснити синтез математичної моделі і провести її дослідження. Теоретично визначити та оцінити найважливіші статичні і динамічні характеристики.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Виконати синтез математичної моделі вимірювального перетворювача для визначення параметрів обертальних рухів, оцінити основні статичні метрологічні характеристики, провести чисельне моделювання.

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Схематичне зображення оригінального вимірювального перетворювача [2] синтез моделі якого буде виконаний в даній статті, наведено на рис. 1. Вимірювальний перетворювач для визначення параметрів обертальних рухів побудовано за принципом просторової модуляції світлового потоку [3]. Модулятор світлового потоку виконаний у вигляді комбінації світловідбиваючої (активної) 1 та світлопоглинаючої 2 поверхонь радіально розташованих на поверхні валу 3. Плоский промінь світла утворений джерелом світла 4 та діафрагмою з щільовим отвором 5, відбивається від активної поверхні модулятора і потрапляє на фоточутливий шар фотоприймача 6. Форма світловідбиваючої поверхні модулятора обумовлена вирішенням задачі отримання на виході фотоприймача при обертанні валу періодичних, пилоподібних імпульсів, нахил переднього фронту яких був би пропорційним швидкості обертання. На рис. 2 наведено розгортку модулятора світлового потоку.

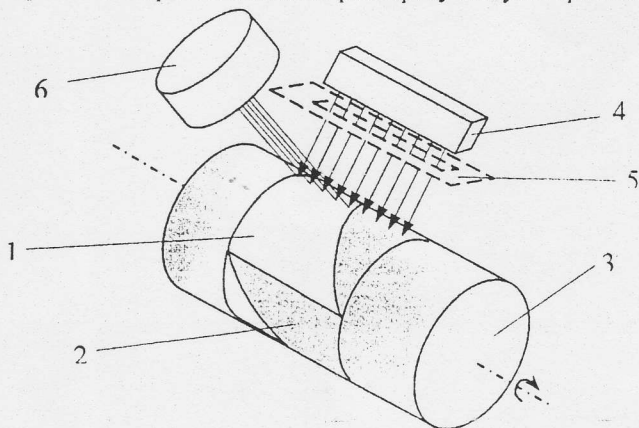


Рис. 1. Схематичне зображення вимірювального перетворювача

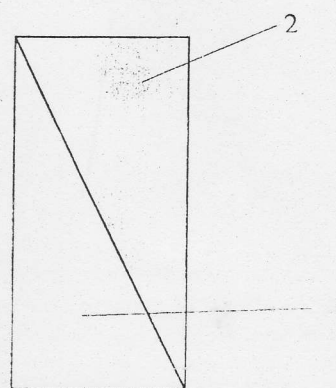


Рис. 2. Схематичне зображення розгортки модулятора

Така форма вихідного сигналу вимірювального перетворювача забезпечить можливість визначення значення миттєвої швидкості обертання, а також визначення кутового прискорення обертального руху вала.

СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Представимо математичну модель вимірювального перетворювача у вигляді рівняння, яке описує залежність вихідної величини від вимірювального параметра. Виходом вимірювального перетворювача є напруга на виході фотоприймача, яка прямо пропорційна площі проекції відбитого модулятором світлового потоку на фоточутливий шар фотоприймача.

$$U = k \cdot S, \quad (1)$$

де U - напруга на виході фотоприймача, k - коефіцієнт пропорційності, S - площа проекції світлового потоку на фоточутливий шар фотоприймача.

Вигляд миттєвого значення площі проекції (S) відбитої активною поверхнею модулятора частини світлового потоку на фоточутливий шар фотоприймача зображений на рис. 3. На рис. 4 подано зображення, яке пояснює принцип дії вимірювального перетворювача.

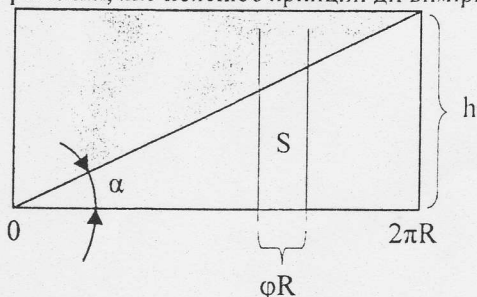


Рис. 3. Схематичне зображення розгортки світловідбиваючої поверхні модулятора

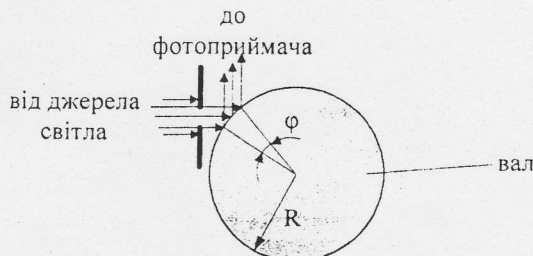


Рис. 4. Переріз вала

На рис.3 і рис.4 R - радіус вала, h - ширина модулятора, φ - кут під яким видно проекцію меншої сторони щільового отвору діафрагми на поверхню вала, з центру вала (в радіанах), S - площа

проекції частини світлового потоку відбитого від активної поверхні модулятора на фоточутливий шар фотоприймача.

При обертанні валу відбувається зміна площі прекції частини світлового потоку відбитого від активної поверхні модулятора. Залежність цієї площі від кута повороту валу має наступний вигляд:

$$S(\psi) = \begin{cases} p \cdot \frac{1}{2} \frac{Rh\psi\varphi}{\pi} + \frac{1}{4} \frac{Rh\varphi^2}{\pi}, & \psi \in [0; 2\pi - \varphi]; \\ p \cdot \frac{1}{4} \frac{Rh(\psi^2 + 4\psi\varphi - 8\psi\pi - 8\varphi\pi + 12\pi^2 + 2\varphi^2)}{\pi}, & \psi \in (2\pi - \varphi; 2\pi), \end{cases} \quad (2)$$

де ψ - поточний кут повороту валу відносно діафрагми, p - коефіцієнт пропорційності.

Підставивши (2) в (1) отримаємо залежність вихідної напруги від поточного кута повороту валу відносно діафрагми, а врахувавши, що $\psi = \omega t$ запишемо вираз (1) у вигляді:

$$U(\omega) = \begin{cases} k \cdot \left(\frac{1}{2} \frac{Rh\omega t\varphi}{\pi} + \frac{1}{4} \frac{Rh\varphi^2}{\pi} \right), & \omega t \in [0; 2\pi - \varphi]; \\ k \cdot \left(\frac{1}{4} \frac{Rh(\omega^2 t^2 + 4\omega t\varphi - 8\omega t\pi - 8\varphi\pi + 12\pi^2 + 2\varphi^2)}{\pi} \right), & \omega t \in (2\pi - \varphi; 2\pi). \end{cases} \quad (3)$$

Таким чином вираз (3) є функцією перетворення вимірювального перетворювача. Вона зв'язує вихідну величину U з вхідною ω . Подальші перетворення цієї функції дозволять теоретично оцінити основні метрологічні характеристики вимірювального перетворювача.

За допомогою пакету програм символічної математики Maple було виконано моделювання для множини фіксованих значень кутової швидкості ω в межах діапазону [2;4] рад/с та кутовому прискоренні $\beta = 0$ при зміні поточного часу $t \in [0;6]$ с. Вигляд поверхні, яка описує вихідну величину функції перетворення за визначених умов показано на рис. 5.

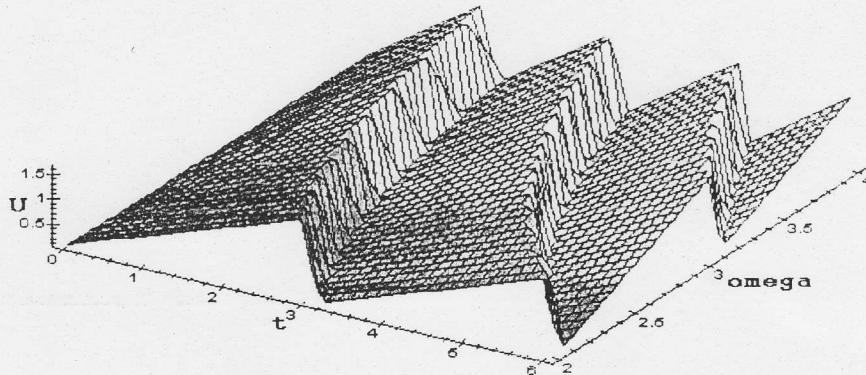


Рис. 5. Графік функції перетворення вимірювального перетворювача при $\beta = 0$.

Вигляд поверхні яка описує вихідну величину при $\beta < 0$ та при $\beta > 0$ зображено на рисунках 6 та 7 відповідно.

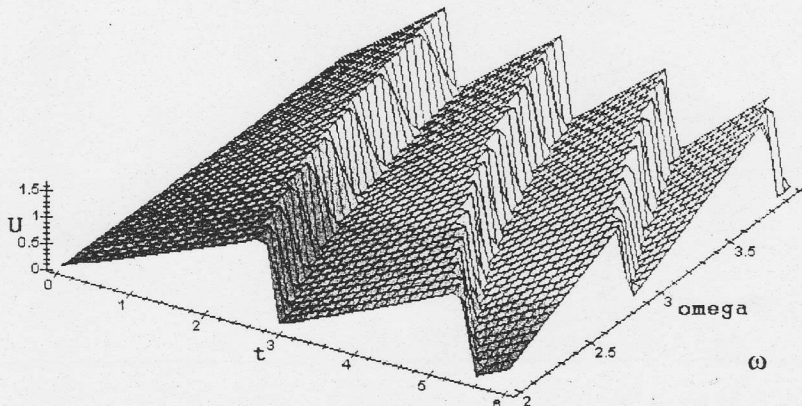
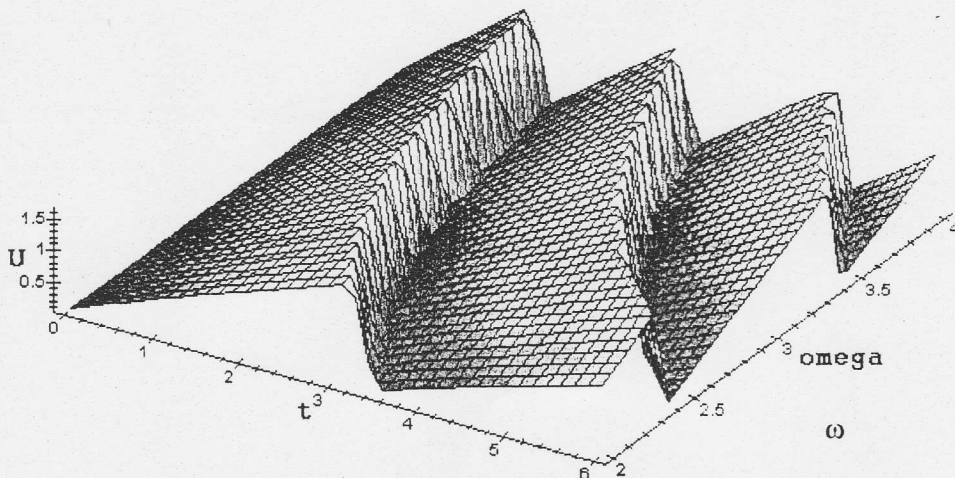


Рис. 6. Графік функції перетворення при $\beta > 0$


 Рис. 7. Графік функції перетворення при $\beta < 0$

Оскільки інформативною є частина сигналу яка відповідає кутам повороту вала від 0 до 2π -ф, то функція перетворення вимірювального перетворювача прийме вигляд

$$U(\omega) = k \left(\frac{1}{2} \frac{Rh\omega t\varphi}{\pi} + \frac{1}{4} \frac{Rh\varphi^2}{\pi} \right). \quad (4)$$

Для оцінки статичних метрологічних характеристик застосуємо розклад функції перетворення в ряд Тейлора [4]. Вважаючи, що на перетворення суттєво впливають значення R, h, φ , та опираючись на методику оцінок розглянуту в [5] визначимо такі складові:

чутливість відносно кутової швидкості:

$$S_{\omega} = \frac{\partial U}{\partial \omega} = \frac{1}{2} \frac{kRh t\varphi}{\pi}; \quad (5)$$

зміна чутливості по діапазону:

$$S'_{\omega} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 U}{\partial \omega^2} = 0; \quad (6)$$

коефіцієнт впливу впливної величини h на вихідну величину U :

$$\beta_{0h} = \frac{\partial U}{\partial h} = k \left(\frac{1}{2} \frac{R\omega t\varphi}{\pi} + \frac{1}{4} \frac{R\varphi^2}{\pi} \right); \quad (7)$$

коефіцієнт впливу впливної величини R на вихідну величину U :

$$\beta_{0R} = \frac{\partial U}{\partial R} = k \left(\frac{1}{2} \frac{h\omega t\varphi}{\pi} + \frac{1}{4} \frac{h\varphi^2}{\pi} \right); \quad (8)$$

коефіцієнти впливу впливної величини φ на вихідну величину U :

$$\beta_{0\varphi} = \frac{\partial U}{\partial \varphi} = k \left(\frac{1}{2} \frac{Rh\omega t}{\pi} + \frac{1}{2} \frac{Rh\varphi}{\pi} \right); \quad (9)$$

$$\beta'_{0\varphi} = \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} = \frac{1}{2} \frac{kRh}{\pi}; \quad (10)$$

коефіцієнт впливу впливної величини h на номінальну чутливість вимірювального каналу:

$$\alpha_{0h} = \frac{\partial^2 U}{\partial \omega \partial h} = \frac{1}{2} \frac{kRt\varphi}{\pi}; \quad (11) *$$

коефіцієнт впливу впливної величини R на номінальну чутливість вимірювального каналу:

$$\alpha_{0R} = \frac{\partial^2 U}{\partial \omega \partial R} = \frac{1}{2} \frac{kht\varphi}{\pi}; \quad (12)$$

коефіцієнт впливу впливної величини φ на номінальну чутливість вимірювального каналу:

$$\alpha_{0\varphi} = \frac{\partial^2 U}{\partial \omega \partial \varphi} = \frac{1}{2} \frac{kRh}{\pi}. \quad (13)$$

Враховуючи вище наведені формули можна зробити висновок, що похибка нелінійності буде дорівнювати нулю.

Адитивна похибка перетворення визначається як

$$\begin{aligned} \Delta U_a = & k \left(\frac{1}{2} \frac{R\omega t\varphi}{\pi} + \frac{1}{4} \frac{R\varphi^2}{\pi} \right) \Delta h + k \left(\frac{1}{2} \frac{h\omega t\varphi}{\pi} + \frac{1}{4} \frac{h\varphi^2}{\pi} \right) \Delta R + \\ & + k \left(\frac{1}{2} \frac{Rh\omega t}{\pi} + \frac{1}{2} \frac{Rh\varphi}{\pi} \right) \Delta \varphi + \frac{1}{2} \frac{kRh}{\pi} \Delta \varphi^2. \end{aligned} \quad (14)$$

Мультиплікативна похибка описується рівнянням

$$\Delta U_m = \frac{1}{2} \frac{kRt\varphi}{\pi} \Delta h + \frac{1}{2} \frac{kht\varphi}{\pi} \Delta R + \frac{1}{2} \frac{kRh}{\pi} \Delta \varphi. \quad (15)$$

ПЕРСПЕКТИВНІ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Розглянутий варіант вимірювального перетворювача має аналоговий вихідний сигнал, тому для застосування в сучасних інформаційно-вимірювальних системах він потребує виконання цифро-аналогового перетворення аналітичного сигналу. Це відповідно приводить до виникнення додаткових похибок вимірювання та погіршення його динамічних характеристик. З метою усунення визначених недоліків пропонується вдосконалити конструкцію вимірювального перетворювача шляхом заміни інтегрального фотоприймача на фотолінійку, вихідний сигнал якої є цифровим кодом, що визначається кількістю засвічених фотоелементів. Таким чином значення коду на виході фотолінійки буде пропорційним не величині площі S проекції відбитої частини світлового потоку, а висоті рівня засвічування. Це дозволяє отримати цілий ряд переваг. Зокрема функцію перетворення можна представити у порівняно простому вигляді:

$$N = \text{Round} \left[\frac{R\psi \text{tg} \alpha P}{h} \right], \quad (16)$$

де Round - функція округлення до найближчого цілого виразу, що знаходиться в дужках; α - гострий кут прямокутного трикутника активної частини модулятора, який лежить навпроти катета h (рис. 3); P - розрядність фотолінійки.

З урахуванням того, що $\text{tg} \alpha = \frac{h}{2\pi R}$, вираз (16) прийме наступний вигляд:

$$N = \text{Round} \left[\frac{\psi P}{2\pi} \right]. \quad (17)$$

Вираз (17) є функцією перетворення вдосконаленого вимірювального перетворювача з цифровим виходом.

ВИСНОВКИ

В даній статті було виконано аналіз конструкції оригінального вимірювального перетворювача для визначення характеристик обертальних рухів, синтезовано його математичну модель, здійснений теоретичний аналіз отриманих статичних метрологічних характеристик. Запропоновано можливий

варіант перспективного вдосконалення вимірювального перетворювача для застосування його в цифрових інформаційно-вимірювальних системах безпосередньо без додаткового аналого-цифрового перетворення. Для такого варіанту вимірювального перетворювача виведена функція перетворення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробьев Е.А. Датчики-преобразователи информации: Учеб. Пособие/ СПбГУАП. СПб., 2001. 65 с.
2. Позитивне рішення від 12.05.05 на видачу деклараційного патенту України по заявці №U200502298. Вимірювальний перетворювач числа обертів, кутової швидкості, кутового прискорення/ Ю.В. Шабатура, К.В. Овчинников.
3. Кухарчук В.В., Білинська М.Й. Використання багатопараметричних інтегральних фото-приймальних пристроїв для контролю параметрів обертального руху// Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. №3.- С. 113-117.
4. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. - М.:Мир, 1985. – 272 с.
5. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Войтович О.П., Поджаренко А.В. Дослідження характеристик сенсора кутової швидкості// Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003.-т.2, №3. – С. 129-130.

Надійшла до редакції 20.10.2005 р.

ШАБАТУРА Ю. В. – к.т.н., доцент кафедри метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

ОВЧИННИКОВ К. В. – аспірант кафедри автоматики та телемеханіки, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна.