

# АКУСТОЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ

---

## ACOUSTOELECTRONIC SENSORS

---

УДК 621.37/39:534

### ВИМІРЮВАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ДАТЧИКІВ КУТА ПОВОРОТУ НА ПОВЕРХНЕВИХ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЯХ

*Я. І. Лепіх, П. О. Снігур, А. О. Карпенко*

Міжвідомчий науково-навчальний фізико-технічний центр МОН і НАН України,  
ОНУ імені І. І. Мечникова, e-mail: ndl\_lepikh@onu.edu.ua

### ВИМІРЮВАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ДАТЧИКІВ КУТА ПОВОРОТУ НА ПОВЕРХНЕВИХ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЯХ

*Я. І. Лепіх, П. О. Снігур, А. О. Карпенко*

**Анотація.** Розроблено вимірювальний стенд для дослідження основних характеристик датчиків кута повороту з частотним типом вихідного сигналу з високою точністю. Досягнення високої чутливості і точності кутового переміщення механічних частин вимірювального стенда в процесі вимірювання частотно-кутової характеристики досліджуваного датчика реалізовано використанням елементів годинникового механізму (редуктора) з великим передаточним числом. Наводяться результати експериментальних досліджень датчика кута повороту на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ) за допомогою запропонованого стенда.

**Ключеві слова:** датчик кута повороту, поверхневі акустичні хвилі, вимірювальний стенд

### MEASURING STAND FOR ANGLE TURN GAUGE INVESTIGATION ON THE SURFACE ACOUSTIC WAVE

*Ya. I. Lepikh, P. O. Snigur, A. O. Karpenko*

**Abstract.** The measuring stand for the turn angle gauges with the frequency kind output signal basic characteristic investigation with high accuracy is developed. The achievement measuring stand mechanical parts high sensitivity and accuracy moving during measuring the investigated gauge angle-

frequency characteristic is realized by the use of clockwork elements with big transmission number. The results the turn corner gauge on the surface acoustic waves (SAW) experimental investigation with the offered stand help are represented.

**Keyword:** angle turn gauge, surface acoustic waves, measuring stand

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДАТЧИКОВ УГЛА ПОВОРОТА НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

*Я. И. Ленух, П. А. Снегур, А. А. Карпенко*

**Анотация.** Разработан измерительный стенд для исследования основных характеристик датчиков угла поворота с частотным видом выходного сигнала с высокой точностью. Достижение высокой чувствительности и точности перемещения механических частей измерительного стенда в процессе измерения частотно-угловой характеристики исследуемого датчика реализовано использованием элементов часового механизма с большим передаточным числом. Приводятся результаты экспериментальных исследований датчика угла поворота на поверхностных акустических волнах (ПАВ) с помощью предложенного стенда.

**Ключевые слова:** датчик угла поворота, поверхностные акустические волны, измерительный стенд

### Вступ

Як відомо, датчики кута повороту є важливим елементом різноманітних автоматизованих систем приладо- та машинобудування і використовуються у багатьох галузях науки і техніки. Таким чином, актуальність створення досконалих датчиків цього типу не викликає сумнівів.

Останнім часом інтенсивно розвивається принципово новий клас датчиків кута повороту, що працюють на фізичних принципах, які базуються на використанні акустоелектронних явищ у п'єзоелектричних структурах, зокрема, при поширенні в них поверхневих акустичних хвиль (ПАХ) [1]. Частотний тип вихідного сигналу надає цьому класу датчиків ряд переваг перед аналогами. Зокрема, при вирішенні проблеми його інтелектуалізації, а саме при спряженні з ЕОМ, можливості створення бездротових датчиків для дистанційних вимірів, тощо. Однак питання вимірювання основних характеристик датчика кута повороту і його атестації існуючими стандартними методами і засобами не задовольняє реалізацію високих

потенційних можливостей датчиків цього класу, зокрема по їх точності.

### Постановка задачі

В даній роботі описано розроблений спеціальний вимірювальний стенд і наведені експериментальні дослідження зразка датчика кута повороту на ПАХ за його допомогою. До основних технічних характеристик датчика кута повороту відноситься, перш за все, точність, або основна похибка, з якою можливо виміряти кут повороту. Виходячи з того, що вихідний сигнал датчика має частотний вид, необхідно вимірювати залежність частоти змінного струму синусоїдальної форми з виходу датчика від кута повороту його ротора. На основі отриманих результатів можуть бути розраховані параметри датчика і побудовано графік залежності частоти вихідного сигналу від кута повороту.

В основі роботи датчика лежить явище кутової залежності фазової швидкості поширення ПАХ в анізотропних п'єзоелектриках

[2], що відображається у залежності частоти вихідного сигналу від кута повороту системи зустрічно-штирьового перетворювача.

### Експериментальна частина

Устрій та принцип дії первинного перетворювача датчика кута повороту на ПАХ наведено в [2].

Чутливий елемент (перетворювач) датчика кута повороту на ПАХ являє собою лінію затримки зі змінним коефіцієнтом затримки (фазової швидкості  $V_{\text{ПАХ}}$ ) ПАХ, що залежить від кута повороту  $\varphi$ .

Перехід від параметра швидкості  $V_{\text{ПАХ}}$  до частотного параметру  $f_{\text{вих}}(\varphi)$  реалізований в електронній частині датчика (рис. 1). Чутливий елемент датчика – 2 включений у позитивний зворотній зв'язок підсилювача високої частоти – 1.

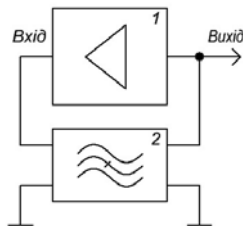


Рис. 1. Блок-схема електронної частини датчика кута повороту на ПАХ. 1 – підсилювач високої частоти; 2 – лінія затримки на ПАХ.

### Методика вимірів

Основною вимогою до вибору методики вимірів є досягнення високої чутливості і точності кутового переміщення механічних частин вимірювального стенда в процесі зняття частотно-кутової характеристики досліджуваного датчика. Конструктивно ця вимога досягається використанням годинникового механізму, який являє собою механічний редуктор з великим передаточним числом (рис. 2).

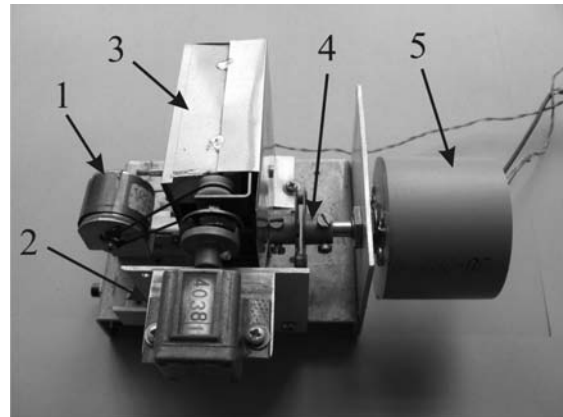


Рис. 2. Датчик кута повороту, встановлений на вимірювальний стенд. 1 – реверсний електродвигун; 2 – лічильник обертів; 3 – редуктор годинникового механізму; 4 – вузол механічного зчеплення вісі редуктора з віссю датчика кута повороту; 5 – датчик кута повороту.

На малій осі годинникового механізму - 3 кріпиться механічний лічильник числа обертів - 2. Через пасову передачу мала вісь зв'язана з електродвигуном постійного струму – 1, а велика вісь - 4 безпосередньо з'єднана з валом досліджуваного датчика кута повороту - 5. При включеному електродвигуні лічильник - 2 підраховує кількість обертів малої осі годинникового механізму - 3.

Кількість обертів лічильника редуктора на вимірювального стенду (рис. 2) на один кутовий градус  $\omega$  розраховувалась по формулі

$$\omega = \frac{\Delta n}{\Delta \beta} \left[ \text{об}/1^\circ \right], \quad (1)$$

де  $n$  – кількість обертів лічильника;  
 $\Delta n$  – різниця показників лічильника між актами вимірів;  
 $\Delta \beta$  – різниця величини кута повороту між актами вимірів.

Калібровка датчика кута повороту здійснювалась шістьма актами вимірів (при повороті вала по годинниковій і проти годинниковій стрілки) на базових кутах  $\beta = 0^\circ, 180^\circ, 360^\circ$ . Далі по формулі (1) розраховувалась  $\omega$  для всіх шести випадків.

Кількість обертів редуктора лічильника вимірювального стенду на один кутовий градус  $\omega_{\text{ср}}$  визначалась як середнє арифметичне. Результати калібровки наведені в таблиці 1.

Табл. 1.  
Дані калібровки лічильника редуктора  
вимірювального стенду

Кут повороту $\beta$ , (град)	Показники лічильника, $n$	
	поворот від $0^\circ$ до $360^\circ$	поворот від $360^\circ$ до $0^\circ$
	38130	38120
	23870	23880
	09750	09750

Розрахунки показали, що  $\omega_{cp} = 78,818 \pm 0,03$  об/1°

При вимірюваннях датчик установлюється на більшу вісь редуктора -2 (рис. 2) і підключається до частотовимірювача. За допомогою електродвигуна і механічно зв'язаного з ним лічильника обертів виробляється поворот вала датчика до мінімального значення частоти змінного струму з виходу датчика. Це нижня межа робочого сектора вимірюваних кутів. Далі фіксуються показання частотоміра і лічильника обертів вала електродвигуна, умовно прийняті за кут повороту вала датчика, рівний  $0^\circ$ . Через кожні 79 обертів вала електродвигуна (що відповідає повороту вала датчика на  $1^\circ$ ) фіксуються значення частоти. Така калібровка виробляється до моменту зриву генерації датчика. Аналогічна процедура виконується у зворотному напрямку — від максимуму частоти до мінімуму.

### Обговорення отриманих результатів

Абсолютна похибка вимірювального стенду при зміні кутів від 0 до  $360^\circ$  становить  $\delta\varphi = 0,13^\circ$ . Таким чином при повороті малої осі приблизно на 78,8 обертів більша вісь повертається на один кутовий градус, що забезпечує малу похибку вимірів. На підставі проведених вимірів будується градувальний графік (рис. 3), з якого видно, що сталий робочий діапазон виміру кутів для конкретного датчика перебуває в секторі кутів, рівному  $\Delta\varphi = 60^\circ$ . Мінімум частоти становить  $f_{min} = 15,788$  МГц, а максимум частоти —  $f_{max} = 17,804$  МГц. Робочий частотний діапазон в секторі кутів  $\Delta\varphi$  дорівнює  $\Delta f = f_{max} - f_{min} = 2,016$  МГц, а середина частотного діапазону становить  $f_{cp} = 16,796$  МГц.

Девіація частоти з виходу датчика при повороті на 1 кутовий градус в діапазоні вимірювальних кутів  $\varphi$  становить:  $\varphi = 0^\circ \div 30^\circ - \Delta f = 34$  кГц /  $1^\circ$ ;  $\varphi = 30^\circ \div 45^\circ - \Delta f = 14$  кГц /  $1^\circ$ ;  $\varphi = 45^\circ \div 60^\circ - \Delta f = 48$  кГц /  $1^\circ$ .

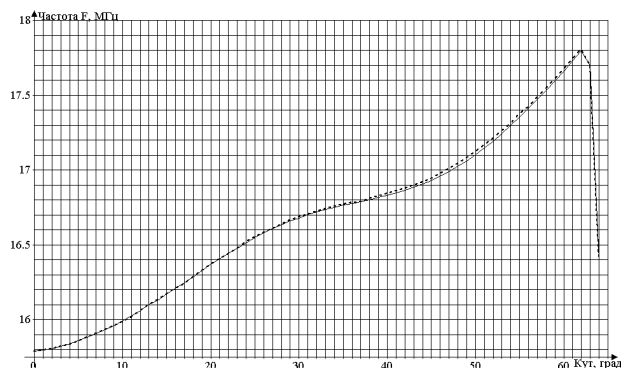


Рис. 3. Частотно-кутова характеристика датчика кута повороту на ПАХ. Суцільна лінія — поворот вала від  $0^\circ$  до  $65^\circ$ . Пунктирна лінія — поворот вала у зворотному напрямку — від  $65^\circ$  до  $0^\circ$ .

### Висновки

Девіація частоти з виходу датчика при повороті на 1 кутовий градус в діапазоні вимірювальних кутів  $\varphi$  має достатньо велике значення для того, щоб забезпечити високу точність вимірювання основної характеристики датчиків кута повороту.

### Список літератури

1. Лепіх Я.І., Гордієнко Ю.О., Дзядевич С.В., та ін. Створення мікроелектронних датчиків нового покоління для інтелектуальних систем.; за ред. Лепіха Я.І. — Одеса: Астропринт, 2010.—296 с.
2. Патент України № 95526. Опубл. 10.08.2011, Бюл. № 15.