

УДК 531.768

## Радіосенсори на поверхневих акустичних хвилях

*Зайцев М.С., Бурима О.О., к.т.н., с.н.с. Жовнір М.Ф.*

На основі досягнень акустoeлектроніки сформувався новий напрямок у вимірюванні фізичних величин - сенсори на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ) [1]. В сучасних системах вимірювання все більшого поширення набувають радіосенсори на ПАХ, принцип дії яких базується на впровадженні технології ідентифікаційної мітки на ПАХ та поєднанні її з традиційними конструкціями сенсорів на ПАХ [2-5].

У роботі представлено результати розроблення та дослідження фізико-математичних моделей безпровідних пасивних сенсорів на ПАХ. Описано нові методи поліпшення параметрів ПАХ сенсорів, а саме: радіусу дії, чутливості та точності, забезпечення множинного доступу.

Радіосенсори на ПАХ можуть бути поділені на: активні сенсори, що живляться від джерела живлення; напівактивні сенсори – живляться через індуктивний зв'язок або від потужного вхідного радіосигналу; пасивні сенсори – ретрансляційні пристрої без джерел живлення. Саме останній вид сенсорів привертає найбільшу увагу дослідників, адже на їх базі можна створювати вимірювальні системи з мережею сенсорів, що розміщені у

важкодоступних місцях (в елементах несучих конструкцій будівель, на роторах електродвигунів, в автомобільних шинах, в агресивних середовищах і т.д.).

В загальному випадку система з пасивними радіосенсорами складається з пристрою опитування та оброблення інформації (ПООІ) та одного або декількох дистанційно віддалених сенсорів. Радіоопитування складається з радіозапиту та радіовідгуку та оцінки їх стану. Сигнал радіозапиту передається від передавальної системи ПООІ до сенсору. Радіочастотний відгук сенсора поступає на приймач ПООІ, після чого відбувається його аналіз та оброблення вимірювальної інформації.

Функціональна схема безпровідної вимірювальної системи зображена на рис.1. Вимірювальна система включає в себе опитувальний пристрій та пасивний сенсор, що складається з вхідного/вихідного перетворювача зі змінними періодами та відбивачів. Вхідний/вихідний перетворювач включає в себе групи електродів з різними періодами. Кількість груп електродів (частот кодування) та порядок їх слідування може змінюватись, при цьому забезпечується стиснення вхідного

сигналу, унікальність адреси сенсора та режим множинного доступу. Опитування кожного окремого сенсора проводиться узгодженим для нього сигналом радіозапиту у вигляді набору сигналів з різною частотою, тривалість яких однакова, а порядок слідування визначається топологією вхідного/вихідного перетворювача ПАХ. При надходженні такого сигналу на перетворювач відбувається його стиснення з коефіцієнтом  $k$ , що дорівнює кількості частот.

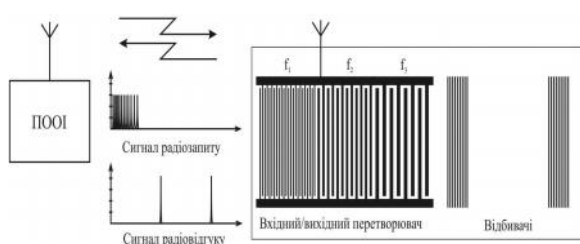


Рис.1. Функціональна схема радіосенсора

Ширина смуги пропускання та форма амплітудно-частотної характеристики кожної групи електродів головним чином визначається півперіодом слідування електродів та їх шириною, кількістю електродів в кожній групі та апертурою перетворювача. Півперіод електродів вибирається рівним половині довжини хвилі ПАХ, кількість електродів визначається з умови рівності акустичної та електричної добротностей перетворювача, а апертура з умови узгодження перетворювача з навантаженням.

Для забезпечення синхронної роботи кожної групи електродів та перетворювача в цілому необхідно забезпечити ортогональність частот кодування. На практиці часто використовується все в доортогональне кодування, яке забезпечує кращий захист від інтерференції, яка може виникати в результаті багатопроменевого поширення поверхневих акустичних хвиль.

Робота сенсору на ПАХ базується на зміні умов поширення ПАХ в зоні взаємодії між відбивачами  $W$ , що призводить до додаткового набігання часу затримки  $t_x$ .

Час затримки опорного сигналу відносно сигналу радіозапиту [2]:

$$t_f = 2 \left( t_R + \frac{L_1}{V} \right), \quad (1)$$

де  $t_R$  - час поширення сигналу по радіоканалу від ПООІ до сенсору на ПАХ;  $L_1$  - відстань між центрами вхідного/вихідного перетворювача та першого відбивача;  $V$  - швидкість ПАХ.

Час затримки контрольного сигналу відносно сигналу радіозапиту:

$$t_k = 2 \left( t_R + \frac{L_1 + W}{V} \right) + t_x, \quad (2)$$

З рівняння (1) та (2) отримаємо співвідношення для часу затримки контрольного сигналу відносно опорного:

$$\Delta t = t_k - t_o = 2 \frac{W}{V} + t_x. \quad (3)$$

Із співвідношення (3) випливає, що час затримки не залежить від відстані між ПООІ та сенсором на ПАХ, а визначається довжиною зони взаємодії та додатковим набіганням часу, що викликається дією вимірювальної фізичної величини в зоні взаємодії.

Результати експериментальних досліджень [2] відрізняються від розрахункових не більше ніж на 20 %, що підтверджує придатність розроблених фізико-математичних моделей та методик для розрахунку безпровідних сенсорів на поверхневих акустичних хвилях.

Розроблені математичні моделі пасивних сенсорів на поверхневих акустичних хвилях, які враховують конструктивні та електричні параметри, дозволяють визначити перспективність їх при побудові безпровідних вимірювальних систем. Обґрунтована можливість застосування еквідистантно-групових перетворювачів з ортогонально частотним кодуванням (ОЧК) для забезпечення множинного доступу до сенсорів на ПАХ. Технологія ОЧК передбачає залежність базового набору частот та їх смуг пропускання, що повинні відповідати умові ортогональності. При цьому передбачається використання окремої ортогональної частоти для кожного розряду коду, що дозволяє отримати вихідний сигнал з рівномірною амплітудою імпульсів в кожному розряді. Таким чином, ОЧК технологія дозволяє

збільшити радіус дії сенсорів на ПАХ та збільшити кількість сенсорів, що можуть одночасно працювати з одним ПООІ.

## Література

1. Жовнір М.Ф., Черняк М.Г., Черненко Д.В., Шеремет Л.М. Вимірювальні перетворювачі фізичних величин на поверхневих акустичних хвилях / *Електроника и связь: Научно-технический журнал*. – 2011. – 1(60). – С.153-157.
2. Chernenko D., Zhovnir M., Oliinyk O., Tsyganok B. Wireless Passive Sensor Using Frequency Coded SAW Structures //35th International Spring Seminar on Electronics Technology „Power Electronics” (ISSE 2012). –Bad Aussee (Austria). – 2012. – P. 424 – 428.: 10.1109/ISSE.2012.6273174.
3. Пат. № UA77113, Україна. Сенсор на поверхневих акустичних хвилях для вимірювання тиску / Черненко Д.В., Жовнір М.Ф., опубл.25.01.2013, бюл.№ 2.
4. Пат. № UA77735, Україна. Вхідний / вихідний перетворювач для сенсорів на поверхневих акустичних хвилях/ Черненко Д.В., Жовнір М.Ф., опубл.25.02.2013, бюл.№ 4.
5. Пат. № UA77898, Україна. Пасивна радіомітка на

поверхневих акустичних  
хвилях / Черненко Д.В.,  
Жовнір М.Ф.,  
опубл.25.02.2013, бюл.№ 4.