

УДК 534.08

Блок обробки сигналу від вимірювальних перетворювачів на ПАХ

Дербанов Є.П., д.т.н., проф. Писаренко Л.Д.

Для прецизійних вимірювань переважно використовують датчики на оптичних ефектах. Вони забезпечують високу роздільну здатність та чутливість, але є мінуси: складність виготовлення, висока вартість, мала механічна міцність, тощо. Вимірювальні перетворювачі на ПАХ не мають цих недоліків, але донедавна для динамічного діапазону при використанні фазового метода вимірювання вони не забезпечували достатньої чутливості, яка теоретично обмежена лише довжиною хвилі. Це було викликано відсутністю фазометрів, що могли б працювати на високих та надвисоких частотах.

З появою високочастотних фазометрів з'являється можливість зробити вимірювальні перетворювачі на поверхневих акустичних хвилях актуальними для проведення прецизійних вимірювань, адже вони можуть скласти конкуренцію поширеним оптоволоконним перетворювачам. Проаналізувавши існуючі типи ВП (вимірювальних перетворювачів) на ПАХ, 3-х частотних тип, описаний у статті М. Ф. Жовніра[1], виявився найбільш перспективним. Проблема описана в статті – відсутність приладів обробки інформаційного сигналу

перетворювачів даного типу. З цього випливає задача – дослідження та розробка математичної моделі БОІС (блоку обробки інформаційного сигналу) від ВП на ПАХ.

На рис. 1 представлена функціональна схема ВП на ПАХ. Первинний перетворювач складається із п'єзоелектричного хвилеводу 1 з поглиначами ПАХ 2 та 3, що необхідні для створення режиму біжучих хвиль, вхідного та контрольного зустрічно-штирових перетворювачів (ЗШП) 4 і 5, сформованих на п'єзоелектричному хвилеводі, над яким на відстані x , не більшій довжини поверхневих акустичних хвиль, переміщується приймач ПАХ 6, виконаний у вигляді ЗШП, сформованого на діелектричній пластині.

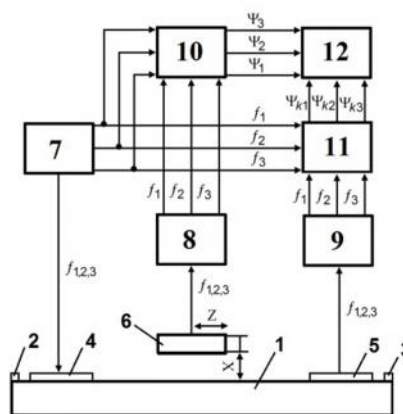


Рис. 1. Функціональна схема ВП на

ПАХ лінійних та кутових переміщень

Електричний сигнал з генераторного блоку 7, що складається із трьох високостабільних генераторів та суматора, подається на вхідний ЗШП і збуджує поверхневу акустичну хвилю, яка приймається рухомим приймачем 6 і контрольним ЗШП 5, вихідні сигнали з яких поступають на блоки підсилення і фільтрації 8 і 9, що складаються із високочастотних підсилювачів та 3-х фільтрів відповідно на частоти $f_{1,2,3}$. Після підсилення та фільтрації вихідні сигнали з блоків 8 і 9 поступають на блоки фазометрів 10 та 11, на які поступають також сигнали з генераторного блоку. Результати вимірювання фаз ψ_1, ψ_2, ψ_3 сигналів з рухомого приймача поступають в блок обробки та формування трьох вимірювальних шкал перетворювача 12.

Одночасно в блок 12 поступають результати вимірювання фаз сигналів $\psi_{K1}, \psi_{K2}, \psi_{K3}$ при дії дестабілізуючих факторів на хвилевод.

Наприклад, для формування точної шкали використовуються результати вимірювання ψ_1 на частоті f_1 . Визначаючи $\psi_{12} = \psi_1 - \psi_2$ або $\psi_{13} = \psi_1 - \psi_3$ можна сформувати проміжну шкалу, а визначення $\psi_{123} = \psi_{13} - \psi_{12}$ дозволить сформувати грубу шкалу вимірювального перетворювача.

Повний фазовий набіг кожної хвилі на ділянці хвилеводу від

вхідного ЗШП до приймача ПАХ можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned}\Phi_{1,2,3} &= \Delta\Phi_{1,2,3} + \beta_{1,2,3}Z = \\ &= \Delta\Phi_{1,2,3} + 2\pi N_{1,2,3} + \psi_1\end{aligned}$$

де $\Phi_{1,2,3}$ - початкові фази ПАХ, для спрощення подальшого опису метода приймаємо $\Delta\Phi_1 = \Delta\Phi_2 = \Delta\Phi_3 = 0$; $\beta_{1,2,3}$ і $\lambda_{1,2,3}$ - відповідно хвильові числа і довжини ПАХ на частотах $f_{1,2,3}$, що визначаються співвідношеннями:

$$\beta_{1,2,3} = 2\pi / \lambda_{1,2,3} = 2\pi f_{1,2,3} / V ;$$

$$\lambda_{1,2,3} = \lambda_1 / (1 - \delta_{1,2,3}) ,$$

де $\delta_{1,2,3} = (f_1 - f_{1,2,3}) / f_1$ - частотне розстроювання; $\lambda_1 = V / f_1$ - довжина ПАХ на частоті f_1 ; $N_{1,2,3}$ число довжин хвиль (число циклів фази) на відповідних частотах на довжині хвилеводу Z ; $\psi_{1,2,3}$ дробині частки фазового набігання на частотах $f_{1,2,3}$ фіксуються фазометрами, що дозволяють однозначно визначати положення рухомого приймача ПАХ в границях відповідних довжин хвиль $\lambda_{1,2,3}$, які в високоточних перетворювачах переміщень можуть приймати значення $\lambda = 10 \dots 100$ мкм.

Існують універсальні блоки обробки та передачі інформації, що призначені для збору даних з контрольних-вимірювальних пристроїв, взаємодії з пристроями сигналізації і відображення інформації, виконавчих пристроїв, їх обробки, архівування та передачі в інформаційні канали зв'язку з ПЕОМ, видачі і прийому «сухих

контактів», звуковий і колірної сигналізації перевищення встановлених рівнів, в тому числі на зовнішній пристрій сигналізації. Для зручності роботи БОІС можна розділити на декілька кроків:

1. Прийом;
2. Фільтрація;
3. Підсилення;
4. Обробка інформації;
5. Вивід (для індикації чи керування);

На вхід блок обробки приходить сигнал, що являє собою суперпозицію 3-х хвиль із різними довжинами. Частота основної хвилі f_1 обирається у відповідності до чутливості, що потрібно отримати. Інші 2 частоти обираються згідно із принципом спряження хвиль: $f_2 = f_1(1 - \delta_2)$ та $f_3 = f_1(1 + \delta_3)$.

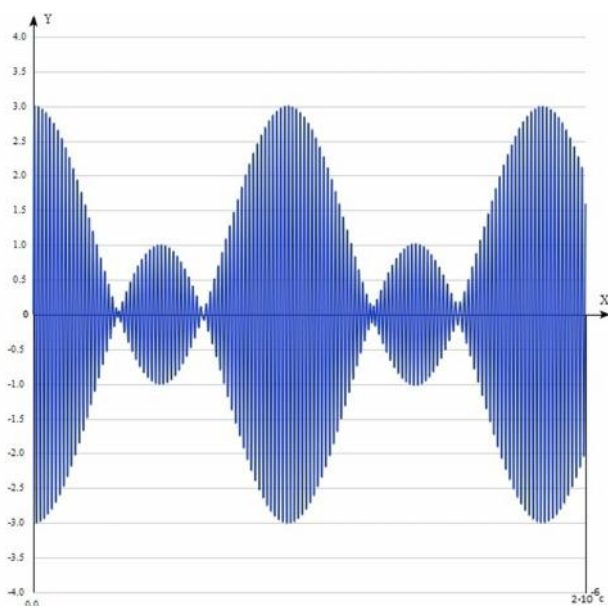


Рис. 2. Вид сигналу на вході ВП за частоти $f_1 = 70.62 \text{ МГц}$

Першим кроком до вирішення проблеми буде прийом двох подібних сигналів, вид яких зображений на рис.2

$$f = U_0 \sin(w_1 t + \psi_1) + U_0 \sin(w_2 t + \psi_2) + U_0 \sin(w_3 t + \psi_3).$$

Фільтрація та підсилення сигналу з рухомого приймача та контрольного ЗШП проводиться однаково. Функція є вхідним параметром математичної моделі, що залежить від лінійного переміщення рухомого приймача відносно хвилеводу та температури. Вихідним параметром математичної моделі слугує цифровий сигнал, що містить інформацію про переміщення приймача та температурне корегування, що було застосовано під час обробки вхідних даних. Для отримання корисної інформації, вхідний сигнал необхідно відфільтрувати.

Аналогова обробка сигналу, що традиційно використовується в багатьох радіотехнічних пристроях, є в багатьох випадках більш дешевим способом досягнення необхідного результату. Однак в тому випадку, коли потрібна висока точність обробки, мініатюрність пристрою, стабільність його характеристик в різних температурних умовах функціонування, цифрова обробка виявляється єдиним прийнятним рішенням. Приклад аналогової фільтрації сигналу представлений на Рис. 3. Використовуваний в фільтрі операційний підсилювач дозволяє розширити динамічний діапазон оброблюваних сигналів. Форма АЧХ

фільтра визначається значеннями величин R_f і C_f . Високе значення добротності складно забезпечити, так як параметри фільтра сильно залежать від температурного режиму.

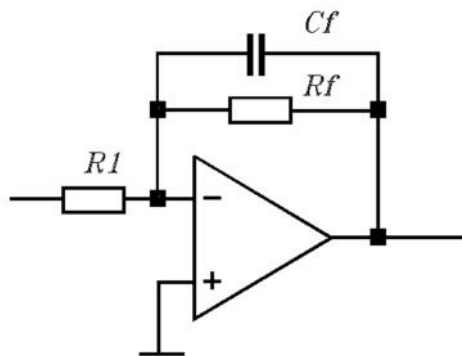


Рис. 3. Аналоговий фільтр

Компоненти вносять додатковий шум у результуючий сигнал. Тому фільтрація та підсилення сигналу реалізується за допомогою цифрового фільтру.

Компонентами схеми є фільтри нижніх частот (ФНЧ), що виконують попереднє і подальше видалення з частотного спектра додаткових гармонік сигналу, аналого-цифровий (АЦП) і цифро-аналоговий перетворювачі і власне цифровий фільтр. Амплітудно-частотна характеристика фільтра визначається значеннями коефіцієнтів фільтра S (k). Змінюючи кількість коефіцієнтів (довжину фільтра) і їх значення, можна отримати фільтр з будь-якої необхідної амплітудно-частотної характеристикою. Внесений шум (шуми квантування) залежать від частоти дискретизації і розрядності АЦП і ЦАП, а також точності обчислень. Відмінною особливістю задач цифрової обробки сигналів є потоковий характер обробки великих

обсягів даних в реальному масштабі часу, що вимагає від технічних засобів високої продуктивності і забезпечення можливості інтенсивного обміну з зовнішніми пристроями. Відповідність даним вимогам досягається в даний час завдяки специфічній архітектурі сигнальних процесорів, проблемно-орієнтованій системі команд.

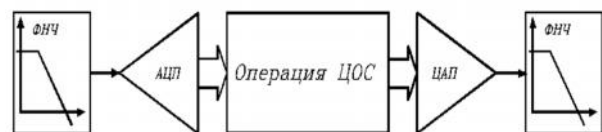


Рис. 4. Схема цифрової фільтрації

Відфільтровані сигнали подаються на фазометричну ланку БОІС. Методи вимірювання фази класифікуються:

1. Компенсаційні;
2. Прямого перетворення;

Для забезпечення достатньої точності обрано компенсаційний метод.

Принцип роботи компенсаційного методу:

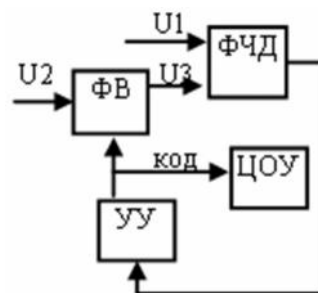


Рис. 5. Компенсаційний фазометр

Одна з двох синусоїдальних напруг, в даному випадку U_2 , надходить на фазообертач ФВ, керований кодом з УУ. Фазовий зсув

напруги U_3 щодо U_2 змінюється до тих пір, поки U_1 і U_3 НЕ будуть синфазних. В процесі врівноваження в знак фазового зсуву між U_1 і U_3 визначається за допомогою фазочутливого детектора ФЧД, вихідний сигнал якого надходить на пристрій управління УУ. Алгоритм врівноваження відповідає кодоімпульсному методу. По закінченню врівноваження код на вході ФВ висловлює фазовий зсув між U_1 і U_3 і, відповідно, U_1 і U_2 .

Компенсаційний метод має високу точність, але реалізується в ручному режимі.

Після вимірювання фаз в хід вступає алгоритм обробки, що перетворює значення фаз трьох сигналів у значення по вимірювальним шкалам, таким шляхом знаходячи переміщення.

Алгоритм представлений на рис.5 відображає повний цикл вимірювання переміщення та кінцеве виведення на екран (цей пункт може бути замінений на формування керуючого сигналу для корегування положення об'єкта, що розглядається). Подібні цикли будуть неперервно повторюватись один за одним, для забезпечення вимірювання переміщення. Частота повторення таких циклів буде впливати на точність вимірювання, для забезпечення максимальної точності – швидкодія процесора, що буде проводити розрахунки, повинна бути максимально можливою.

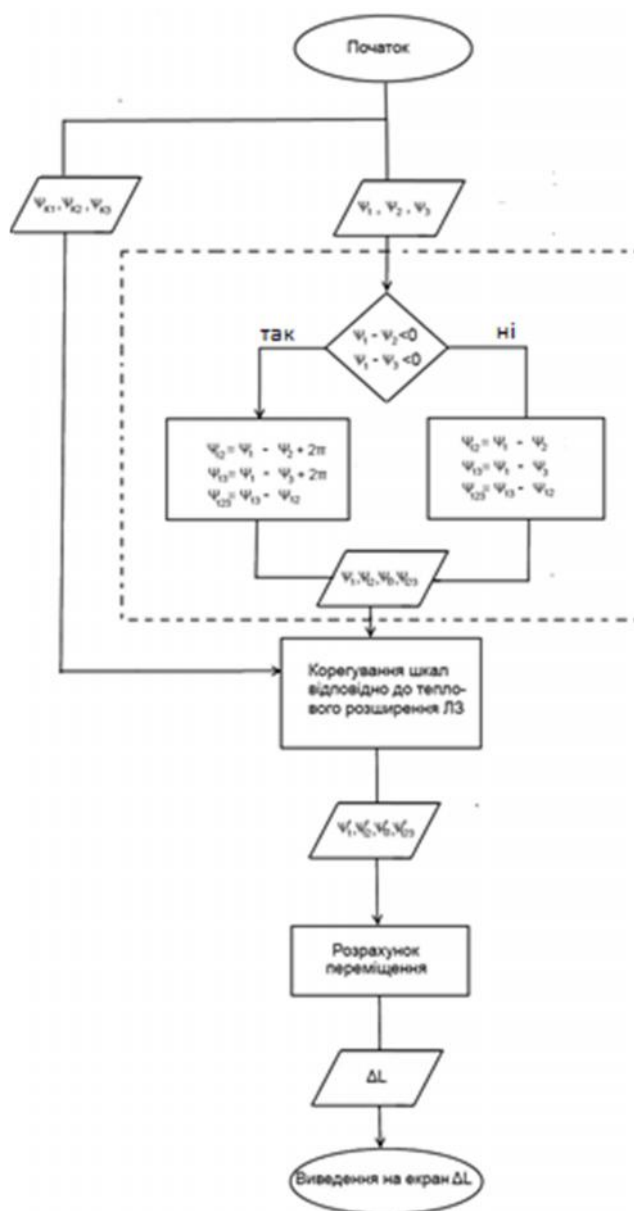


Рис. 6. Алгоритм роботи БОІС.

Висновки

Описане рішення по розробці БОІС для використання з 3-х фазовими ВП на ПАХ дозволить замінити використання дорогих оптичних перетворювачів дешевими акустичними, що в свою чергу може вплинути на прибуток від виробництва електронних приладів чи їхню ціну.

- Після прийому сигнал необхідно перетворити у цифровий.
- Цифрові методи фільтрації дозволяють підсилити сигнал.
- Компенсаційний метод вимірювання фаз забезпечує необхідну точність вимірювання, для збереження корисної інформації сигналу.
- Реалізацію необхідно виконувати на процесорі, з високою швидкістю.
- Підбір компонентів повинен забезпечити стабільність роботи БОІС за різних температур (виходячи з потреб використання).

Література

1. Жовнір М.Ф., та інш. Фізико-технічні основи побудови вимірювального перетворювача

мікропереміщень на поверхневих акустичних хвилях // *Електроника и связь*. – 2004, № 23. – С.5-8.

2. Жовнір М.Ф., Черняк М.Г., Черненко Д.В. та інш. Вимірювальні перетворювачі фізичних величин на поверхневих акустичних хвилях // *Електроника и связь*. – 2011, № 1(60). – С.153-157.

3. Поляков П.Ф., Хорунжий В.А., Поляков В.П. Акустоэлектроника. Фізико-технологические основы и применение: Справ. пособие: Том1.- Харьков: ООО «Компания СМІТ», 2007. – 552 с.