

МЕТОД КВАДРАТУРНОЇ ДЕМОДУЛЯЦІЇ

Богомолов Н.Ф.к.т.н., доцент
nbogom@yahoo.com

Кафедра біомедичної інженерії
Національного технічного університету
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м.Київ, Україна

Троць А.А.к.т.н., доцент
adamtroc@ukr.net

Кафедра надійності техніки
Національного університету біоресурсів та природокористування України,
м.Київ, Україна.

Реферат - В ультразвуковому методі безперервного вимірювання можна визначити швидкість рухомої точки (в нашому випадку технологічної рідини, наприклад, крові в судинах) в будь-який момент часу, але він не може визначити напрям частки, що є недоліком. В імпульсному режимі який працює як радар може бути визначений напрям на відміну від безперервного, але будь-який нестандартний потік який збільшить швидкість призведе до викривлення спектру, метод квадратурної демодуляції є універсальним для виявлення амплітудної, частотної характеристики, однак він складний у реалізації.

Ключові слова - ультразвуковий метод, рухома точка, радар, імпульсний режим, метод, квадратурна модуляція.

I. ВСТУП

Датчики на основі ультразвуку постійно використовується у різних вимірювальних процесах для визначення різноманітних параметрів у технологічному середовищі. Головним елементом в ультразвукових випромінювачах є п'єзоелектричний кристал, який генерує короткі акустичні (пружні) хвилі. Для вимірювання потоку використовуються частоти, що лежать за межами чутного акустичного діапазону – в ультразвуковій області. Робота ультразвукових датчиків потоку заснована на одному з двох фізичних принципів. У датчиках першого типу (вимірювання часу проходження сигналу) використовується той факт, що швидкість звуку, що розповсюджується в рухомому середовищі, рівна швидкості щодо цього середовища плюс швидкість руху самого середовища. У датчиках другого типу використовується зміна (доплерівський зсув) частоти ультразвукової хвилі при її розсіянні рухомих середовищем [1]. Будова типового ультразвукового перетворювача представлена (Рис.1.) [2,3].

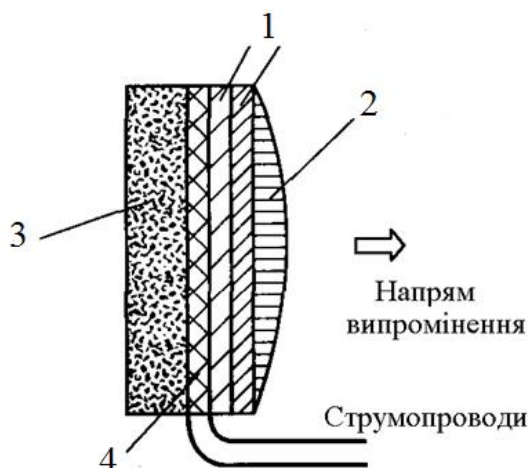


Рис. 1. Структурна схема ультразвукового перетворювача: 1 – позгоджуючі шари, 2 – акустична лінза, 3 – демпфер, 4 – п'єзоелемент [4]

II. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

В ультразвукових витратомірах електроакустичні перетворювачі використовуються з п'єзоелектричних матеріалів, які перетворюють електричний сигнал в акустичні коливання. Ідеальним п'єзоелектричним матеріалом для електроакустичного перетворювача є матеріал, який забезпечує низький рівень шуму, високу ефективність перетворення і дозволяє створювати високоякісний

перетворювач. Часто електричні акустичні перетворювачі використовують цирконат-титанат свинцю (ЦТС). Перевагою цього матеріалу є дуже висока ефективність електроакустичного перетворення і висока температура Кюрі (приблизно 300 °С); останнє знижує ймовірність деполяризації матеріалу в процесі пайки виходів інвертора. Є можливість зробити ультразвуковий перетворювач будь-якої форми, розплавляючи матеріал і запланованого подальшого формування його. П'єзоелектричні кристали можуть бути поляризовані штучно, якщо встановити їх у електричному полі при високій температурі і охолодження в цьому діапазоні температури нижче температури Кюрі [2,4].

Ультразвукові датчики які були виготовлені у формі дисків на плоских поверхнях, для яких застосували металеві електроди. В цих електродах збудження відбувається за рахунок генератору кристального передавача. В приймачах, які виготовленні на основі кристалу, електроди приєднують до високочастотного підсилювача. Для отримання найвищої ефективності товщину кристалу обирають такою, аби вона дорівнювала половині ультразвуковій хвилі.

Ультразвукові давачі які використовують принцип з зазначеним часом проходження імпульсу – найпростіші ультразвукові вимірювачі потоку. Також вони широко застосовуються для вимірювань газових шляхів, а також потоку крові в судинах. Найпоширеніший спосіб розташування використовується при можливості закріплення перетворювача на зовнішній стороні стінки судини, який виключає обмеження кровотоку.

Такі вимірники кровотоку мають низку переваг. За допомогою них можна визначити напрямок потоку, при цьому серед усіх аналогів вони мають найвищу точність вимірювання [5,2,6].

III. МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою роботи є вдосконалення методу квадратурної демодуляції для процесу обстеження стану кровотоку в судинах людини.

IV. МЕТОД КВАДРАТУРНОЇ ДЕМОДУЛЯЦІЇ

Допплерівський витратомір (Рис.2.) дозволяє визначати не тільки швидкість кровотоку, а й його напрямок.

Аналогова частина квадратурного фазового детектора (Рис.2.а) містить генератор та ланцюг зсуву фаз, який розділяє несучий сигнал на дві рознесені по фазі на 90° компоненти. Ці референтні сигнали синуса та косинуса в декілька разів більші по амплітуді, ніж сигнал на вході ПВЧ. Вони лінійно підсумовуються з сигналом на виході ПВЧ і в результаті формують криву, яка огинає криву радіосигналу (Рис.2.б).

Якщо рідина тече в тому ж напрямку, в якому поширюється ультразвуковий сигнал, то вважається, що рідина віддаляється від датчика витрат (Рис.2.а). Для такого напрямку потоку доплерівський зсув зменшує частоту відбитого сигналу, який відстає по фазі від референтної несучої хвилі, і доплерівський вектор обертається за часовою стрілкою (Рис.2.а). В момент часу 1 (Рис.2.б) несуча та доплерівська хвилі додаються, утворюючи велике значення сумарного сигналу на каналі косинуса C , канал синуса S при цьому не змінюється. В момент часу 2 (при повороті доплерівського сигналу на 90° за годинниковою стрілкою) несуча та доплерівська хвилі додаються на каналі синуса S , створюючи на ньому велике значення сигналу. Аналогічно здійснюється аналіз хвиль в моменти часу 3 та 4.

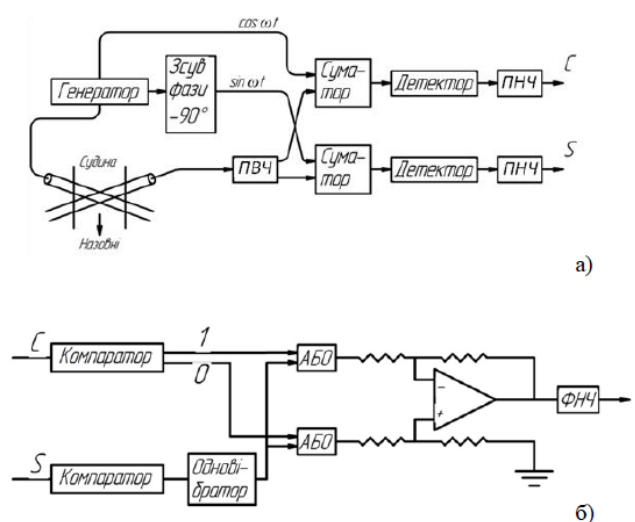


Рис. 2. Блок-схема доплерівського витратоміра, що дозволяє визначати напрямок потоку рідини.

Якщо рідина тече по напрямку до датчика, доплерівська частота стає вищою несучої частоти і вектор доплерівського сигналу обертається проти годинникової стрілки (пунктирні лінії на Рис.2.б). Співвідношення фаз між каналами C та S стає в цьому випадку зворотнім тому, що спостерігається при протіканні рідини від датчика. Таким чином, напрямок потоку рідини визначають за знаком фазового зсуву. При детектуванні виділяють сигнал звукової частоти тієї ж форми, що і огинаюча сигналу радіочастоти.

Логічна схема дозволяє визначити знак фазового зсуву. Сигнал каналу косинусу C запускає відповідний компаратор, цифровий вихід якого не змінюється при зміні напрямку потоку рідини. Сигнал, що йде по каналу синуса S за допомогою одновібратора запускає подачу короткого одиночного імпульсу. В залежності від напрямку потоку рідини цей імпульс подається або на початку, або в середині періоду (Рис.2.). Елемент логічного множення, побудований на двох логічних елементах АБО, подає сигнал або на верхній, або на нижній вхід диференційованого підсилювача, що забезпечує появу вихідного сигналу, який враховує напрямок потоку рідини [7].

$$\sin \omega_c * \sin \omega_2 = \frac{1}{2} [\cos (\omega_c - \omega_2) - \cos (\omega_c + \omega_2)] ; \quad (1)$$

$$\sin \omega_c * \cos \omega_2 = \frac{1}{2} [\sin (\omega_c - \omega_2) + \sin (\omega_c + \omega_2)] . \quad (2)$$

Оскільки:

$$\omega_c^+ = (\omega_2 + \theta_1); \quad (3)$$

$$\omega_c^- = (\omega_2 - \theta_1), \quad (4)$$

де θ_1 - доплерівський зсув частот за рахунок прямого паливоотоку, θ_2 - доплерівський зсув частоти за рахунок зворотнього паливо току.

Після фільтрації за допомогою ФНЧ1 та ФНЧ2

$$\cos \theta_1 + \cos(-\theta_2) = \cos \theta_1 + \cos(\theta_2) - \text{на виході ФНЧ1};$$

$$\sin \theta_1 + \sin(-\theta_2) = \sin \theta_1 - \sin(\theta_2) - \text{на виході ФНЧ2}.$$

Після проходження сигналу через широкополосний фазообертач на 90°

на виходах блоків сумування (Σ) та вичитання (Δ) отримують сигнали:

$$(\sin \theta_1 + \sin \theta_2) - (\sin \theta_1 - \sin \omega_2) = 2 \sin \theta_2 ; \quad (5)$$

$$(\sin \theta_1 + \sin \theta_2) + (\sin \theta_1 - \sin \omega_2) = 2 \sin \theta_1. \quad (6)$$

При розробці квадратурних змішувачів слід приділяти особливу увагу ідентичності каналів. В ідеалі, амплітуди сигналів повинні бути однаковими, а різниця фаз складати 90° . Будь-яка амплітудна і / або фазова помилка призводить до погіршення якості поділу каналів [6].

V. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

В ультразвукових витратомірах електроакустичні перетворювачі виготовляються з п'єзоелектричних матеріалів, які перетворюють електричний сигнал в акустичні коливання. Ідеальним п'єзоелектричним матеріалом для електроакустичного перетворювача є матеріал, який забезпечує низький рівень шуму, високу ефективність перетворення і дозволяє створювати високоякісний перетворювач. Часто в електричних акустичних перетворювачах використовують цирконат-титанат свинцю (ЦТС). Перевагою цього матеріалу є дуже висока ефективність електроакустичного перетворення і висока температура Кюрі (приблизно 300°C); останнє знижує ймовірність деполяризації матеріалу в процесі пайки виходів інвертора.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Расчёт генератора, основные параметры и изготовление [Электронный ресурс]. - 2015 – Режим доступа до ресурсу: http://e-veterok.ru/raschet_generatora.php.
- [2] Транзисторы КТ316, 1Т316 - параметры, расположениевыводов [Электронный ресурс]. - 2015 – Режим доступа до ресурсу: <http://elektrikaetoprostu.ru/ct316.html>.
- [3] Коммуникации и связь: Датчики УЗ сканеров, Реферат [Электронный ресурс]. - 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://uchil.net/?cm=80000>.
- [4] Спектрофотометрические приборы для оценки характеристик кровотока [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа до ресурсу: <http://ilab.xmedtest.net/?q=node/6106>.

[5] Датчики потока [Электронный ресурс]. - 2015 – Режим доступа до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/3904378/page:2/>
[6] Классификация ультразвуковых сканеров, УЗИ аппаратов [Электронный ресурс]. - 2105 – Режим доступа до ресурсу: <https://www.mediko.ru/index.php?id=23>.

[7] Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://radiolubitel.net/index.php/elektronika/265-amplitudno-chastotnaya-kharakteristika-achkh>

УДК 535.338; 621.35; 541.13

МЕТОД КВАДРАТУРНОЙ ДЕМОДУЛЯЦИИ

Богомолов Н.Ф.к.т.н., доцент
nbogom@yahoo.com

Кафедра биомедицинской инженерии
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»,
г. Киев, Украина

Троц А.А.к.т.н., доцент
adamtroc@ukr.net

Кафедра надежности техники
Национального университета биоресурсов и природопользования Украины,
г. Киев, Украина.

Реферат - В ультразвуковом методе непрерывного измерения можно определить скорость подвижной точки (в нашем случае технологической жидкости, например, топлива) в любой момент времени, но он не может определить направление частицы, является недостатком. В импульсном режиме который работает как радар может быть определенное направление в отличие от непрерывного, но любой нестандартный поток который увеличит скорость приведет к искажению спектра, метод квадратурной демодуляции является универсальным для выявления амплитудной, частотной характеристики, однако он сложен в реализации.

Ключевые слова - ультразвуковой метод, подвижная точка, радар, импульсный режим, метод, квадратурная модуляция.

UDC 535.338; 621.35; 541.13

QUADRATURE DEMODULATION METHOD

Bogomolov M.F.
nbogom@yahoo.com

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv, Ukraine

Trots A.A.
adamtroc@ukr.net

National University of life and environmental sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

Abstract - In the ultrasonic method of continuous measurement, one can determine the speed of the moving point (in our case, red blood cells, because they are most in the blood) at any given time, but it can not determine the direction of the particulate, which is a disadvantage. In the pulse mode, which acts as a radar, a direction can be determined in contrast to the continuous, but any pathological flow that increases speed will lead to distortion of the spectrum, the quadrature demodulation method is universal to detect the amplitude, frequency characteristic, but it is difficult to implement.

Key words - ultrasonic method, moving point, radar, pulse mode, method, quadrature modulation.