

УДК 621:681.2

*Є.В. Зорко, студентка гр. ПБ-62м, к.т.н., доц. Ключко Т.Р.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІАГНОСТИКИ

Анотація. В статті йдеться про метод створення ультразвукових перетворювачів, які мають вирівнену амплітудно-частотну характеристику. Запропонована модель широкосмугових перетворювачів надає можливість ресеструвати інформаційні сигнали від об'єкту дослідження, що підвищує достовірність скринінгової діагностики виявлених неоднорідностей структури.

Ключові слова: ультразвуковий перетворювач, неоднорідності структури, скринінгова діагностика.

ВСТУП

Сьогодні однією з важливих проблем медицини є діагностики стану біологічного об'єкту, яка дозволяє визначити захворювання на ранній стадії. Підвищення точності скринінгової системи, виявлення новоутворень, патологічних змін на ранніх стадіях може збільшувати шанси для проведення своєчасного лікування та встановлення правильного діагнозу. Неінвазивна ультразвукова діагностика має великі перспективи у медицині.

Велика перевага методів ультразвукової діагностики – відсутність необхідності втручання у організм людини, не потребують складних маніпуляцій та є досить простими у використанні. При проведенні процедури пацієнт не відчуває жодних неприсмних відчуттів та не має побічних ефектів, що є великою перевагою методу [1].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою дослідження є моделювання ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача, що підвищує точність і достовірність скринінгової ультразвукової діагностики.

Сучасна медицина має безліч різних методів діагностики, проте ультразвукове обстеження є одним з найбільш точних. За допомогою ультразвукового діагностичного методу лікар має можливість отримати не тільки якісну характеристику даних, а й має можливість отримання кількісної характеристики. При використанні ультразвукової діагностики лікар може визначати морфологічну і функціональну характеристику будови систем та органів людини.

Сама система ультразвукової діагностики являє собою локаційну систему, яка працює за ефектом Допплера. Принцип роботи системи полягає у випромінюванні ультразвукового сигналу на біологічний об'єкт. Сигнал при проходженні крізь шари біологічного об'єкту відлунується, відбиті лун-сигнали від об'єкту приймаються та обробляються [2].

Проте, ультразвукові перетворювачі існуючих технічних засобів діагностики здебільшого працюють у вузькому частотному діапазоні, що призводить до втрати точності ідентифікації сигналів, які відбилися від неоднорідностей структур об'єкту. Таким чином, знижується достовірність діагностичної інформації.

МОДЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Збудження і прийом лун-сигналів ультразвукових коливань при роботі приладу працюючого за ефектом Допплера виконується датчиком, до складу якого входить один або кілька чутливих елементів (відчутників). Вони являють собою п'єзоелектрики різної геометричної форми та хімічного складу, вибір яких залежить від поставленої задачі і області застосування, обраного методу побудови датчику ультразвукової діагностичної системи.

При проектуванні медичних ультразвукових датчиків необхідно враховувати, що біологічний об'єкт не є однорідним за своєю структурою, та має різні за будовою шари, що значно впливає на проходження та локалізацію ультразвукових хвиль у площині дослідження. Поглинання хвиль відбувається нелінійно, та значно залежить від частоти, фокальної площини випромінювача та розміру фокальної плями.

Локалізація та точність фокусування ультразвукового пучка впливає на роздільну здатність системи та на точність інформаційних даних. При проходженні, внаслідок дифракції, ультразвуковий пучок розходить у радіальному напрямі. На віддаленні від випромінювача інтенсивність пучка значно зменшується, при цьому поперечне січення зростає, що призводить до погіршення фронтальної роздільної здатності.

Таким чином, для покращення роздільної здатності перетворювача вдаються до параметрів випромінювача. При цьому, для покращення фокусування випромінювання часто використовують додаткові фокусуючі системи [3].

У даній роботі запропоновано конструкцію перетворювача дискової форми з матеріалу ЦТС-19, ступінчастої форми, конструкція якого передбачає покращення фокусування ультразвукового випромінювання. У конструкцію п'єзоелектричного перетворювача з покладено форму круглої зональної лінзи.

При такій конструкції перетворювача синтезується циліндричний фронт хвилі, фаза хвилі у кожній зоні відрізняється на крок $2\pi n$, де $n=1,2,\dots$. Також слід зауважити, що на краю кожної зони виникають дифракційні явища, які впливають на характеристики випромінювання, це потрібно враховувати при проектуванні повної конструкції ультразвукового перетворювача.

Одна з переваг такої конструкції перетворювача – можливість реалізації динамічного фокусування у режимі реального часу, чи отримання декількох фокальних площин одночасно. Управління фокусом відбувається через зміну частоти збудження п'єзоелементу.

Відомо, що у медичній діагностиці частота випромінювання ультразвуку обирається залежно від віддаленості структури дослідження, необхідної глибини занурення ультразвукового сигналу та характеру біологічного середовища (наприклад, наявності кісткової тканини), чи необхідності пошуку акустичного вікна на об'єкті дослідження [4].

Принцип динамічного фокусування включає в себе можливість зміни фокусу системи за допомогою зміни частоти збудження п'єзоелектричного перетворювача. На Рисунку 1 зображено принцип дії динамічного фокусування, де F_1 , F_2 , F_3 фокальні площини на різних частотах збудження перетворювача.

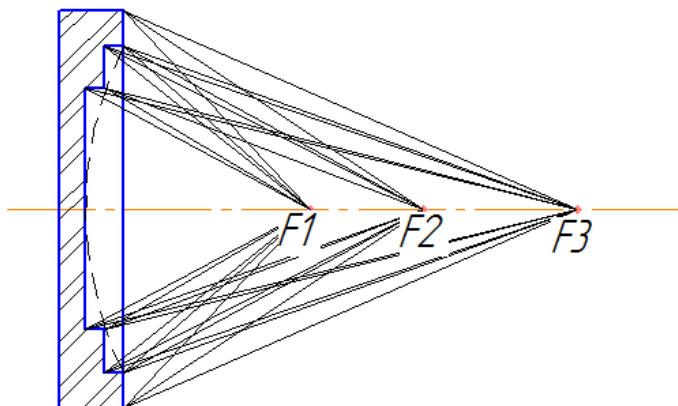


Рисунок 1. Принцип динамічного фокусування

Залежно від частотних характеристик випромінювання змінюється й форма перетинів розходження променів. Зміна форми перетинів променів у фокальних зонах зображені на Рисунку 2.

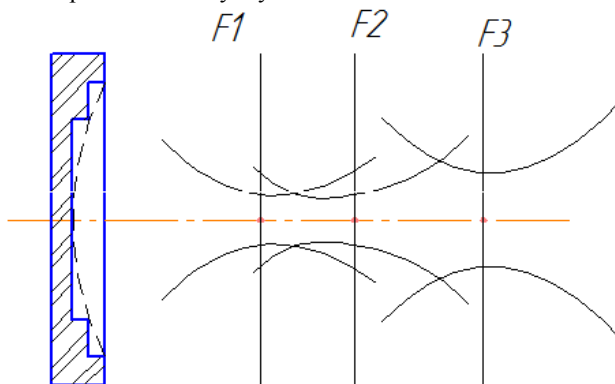


Рисунок 2. Зміна форми перетинів променів у фокальних зонах при динамічному дефокусуванні

Принципова різниця запропонованої моделі полягає у тому, що смуга пропускання при прийманні відбитого лун-сигналу значно ширша. При цьому, ті сигнали, які зазвичай проходили повз ресетруючий елемент через різницю частоти сигналу та частотного діапазону приймаючого перетворювача, тобто лун-сигнал виходив за межі смуги пропускання перетворювача і не ресетрувався взагалі. При цьому всі сигнали, які пройшли повз, теж несуть інформаційних характер про біологічний об'єкт. Втрата частини інформації

про об'єкт несе спотворення та втрату точності ідентифікації сигналів. Таким чином, підвищується точність достовірності скринінгової ультразвукової діагностики.

ВИСНОВКИ

Запропонована конструкція ультразвукового перетворювача має переваги, які збільшують точність і достовірність скринінгової ультразвукової діагностики за рахунок збільшення смуги пропускання на прийомі відлунених біологічним об'єктом сигналів. Також запропонована конструкція надає можливість зміни глибини дослідження у режимі реального часу, що поширює галузі медичного застосування такого типу перетворювачів.

Подальші наукові дослідження спрямовані на розширення динамічного діапазону п'єзоелектричного перетворювача, що підвищує достовірність діагностичної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зорко Е. В. Неинвазивные методы измерения скорости кровотока/ Е. В. Зорко, Т.Р. Ключко // Новые направления развития приборостроения: мeтeр. 9-й Международной научно – технической конференции молодых ученых и студентов, 20 – 22 апреля 2016 г. – Минск : БНТУ, 2016. – С. 169 – 170 .
2. Осипов Л. В. Физика и техника ультразвуковых диагностических систем // Медицинская визуализация. 1997. № 1. С. 6-14.
3. Цапенко, В. К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: підруч. / В. К. Цапенко, Ю. В. Куц. — К. : НТУУ «КПІ», 2009.
4. Клиническая Допплеография окклюзирующих поражений артерий мозга и конечностей / Гайдашев А. Э., Лаврентьев А. В., Тутова М. Г и др.; под ред. Е. Б. Куперберг. — М. : НЦССХ РАМН им. А.Н.Бакулева, 1997.