

## **ДИСТАНЦІЙНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ ЛЮДИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ**

Основною перевагою радіолокаційного зондування є здатність електромагнітних хвиль поширюватися в різноманітних діелектричних середовищах з високим ступенем неоднорідності й, крім того, можливе зондування «на відбиття», тобто коли приймач і передавач розташовані з однієї сторони досліджуваного об'єкту. Дослідження складних середовищ при однобічному підході і є основною областю застосування радіолокаційного зондування.

Дистанційне визначення параметрів серцебиття та дихання живого організму є основним завданням діагностики. Це завдання може бути вирішено за умови створення досить чутливого радіолокаційного датчика та розробці алгоритмів фільтрації фонових відбиттів, які можуть маскувати корисний сигнал [4]. Наявність фонових відбиттів може бути пов'язане з реєстрацією сигналів, відбитих оператором, що виконує дослідження, або іншими людьми, що перебувають у зоні проведення вимірів. Все це вимагає створення антени з мінімальними бічними та задніми пелюстками діаграми спрямованості та розробки методів їх екранування.

У випадку дистанційного виміру параметрів дихання та серцебиття при радіолокаційному зондуванні людини, велику увагу необхідно приділити питанням подавлення перевідбиттів зондувальною та відбитого ціллю сигналу.

### **Аспекти цифрової обробки сигналів.**

Використання віконних функцій при гармонійному аналізі із застосуванням дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) пов'язане з вирішенням проблем оцінювання параметрів сигналів та їх виявлення.

Оскільки гармонійні оцінки, одержані із застосуванням ДПФ, пов'язані з перетворенням кінцевого числа дискретних відліків сигналу, виявлення та оцінка параметрів чистих синусоїдальних сигналів можливі тільки в тому випадку, коли їх частота кратна зворотній величині інтервалу обробки. У протилежному випадку ДПФ відтворює множину дискретних компонентів різної повільно збіжної інтенсивності.

Для зменшення впливу цього дефекту, сигнал на інтервалі його обробки множать на вагові функції, що згладжують (вікна), що еквівалентно згладжуванню спектральних відліків, сформованих ДПФ [5].

Правильний вибір форми вікна важливий і для забезпечення точного аналізу параметрів досліджуваного сигналу при наявності флуктуаційних перешкод, і для виявлення окремих тонів у сигналі, що містить множину гармонійних складових.

Так прямокутне вікно звичайно використовується, коли сигнал являє собою перехідний процес (повністю знаходиться у вікні часової області) або про нього відомо, що він має фундаментальний частотний компонент, кратний фундаментальній частоті вікна. Сигнали інших типів будуть демонструвати різний ступінь спектрального витоку та гребешкових втрат, які можна компенсувати, вибравши інший тип вікна.

Вікно Хеннінга (фон Ханна) знижує витік і підвищує точність відтворення амплітуди. Однак при цьому знижується роздільна здатність за частотою.

Вікно Хеммінга знижує витік і підвищує точність відтворення амплітуди, але при цьому також знижується роздільна здатність за частотою.

Вікно із плоскою вершиною забезпечує дуже високу точність відтворення амплітуди з помірним зниженням витоку, але з більше низькою роздільною здатністю за частотою.

Докладні дослідження, викладені у фундаментальній роботі Ф. Дж. Харріса [5], показали, що оптимальними із зазначеної точки зору, є вікна Кайзера-Бесселя, Барсілона-Темеша та Блекмана-Харріса.

Вікно Блекмана-Харріса зводить до мінімуму витік, забезпечуючи подавлення сусідніх каналів на 90 дБ [6], але дає знижену роздільну здатність за частотою. Таке вікно є найкращим з погляду загасання бічних пелюстків.

Основною метою роботи є виділення ритмів дихання та серцебиття. Для цієї мети була розроблена математична модель системи обробки сигналу з метою одержання необхідних спектрограм. Це дає можливість глибокого аналізу обох гармонік і їх змішаних добутків (інтермодуляції). Нижче наведено, що дуже важливим є повний аналіз, тому що велика амплітуда гармонік дихання, а іноді й змішаних добутків, роблять проблемним вимір частоти серцебиття, особливо, коли вони близькі до його частотного діапазону.

Спектрограма загального сигналу для випадку, що розглядається, наведена на рис. 1

Як видно з рис. 8, сигнал серцебиття практично не виділяється на тлі складових інтермодуляції, що викликані диханням. На рис. 2 наведений графік сигналу з попередньою фільтрацією, після проходження його через гармонійний компенсатор 2-го порядку.

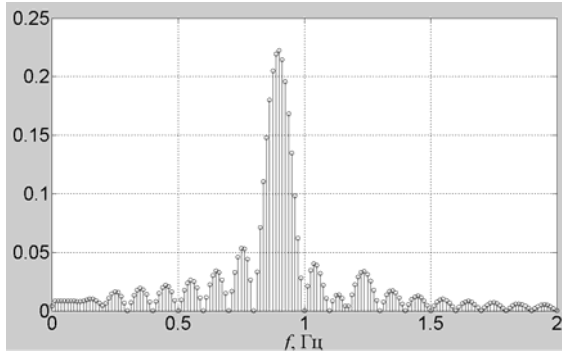


Рис. 1. Спектр сигналу після фільтрації.

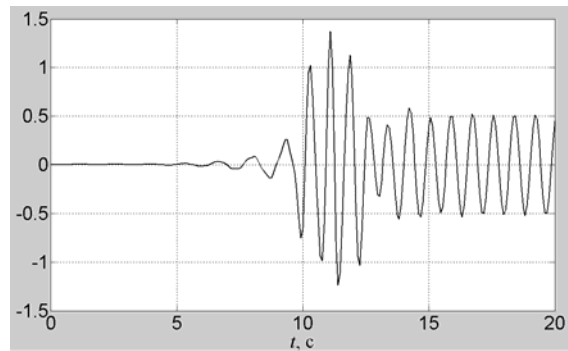


Рис. 2. Сигнал на виході гармонійного компенсатора

В даному випадку, компенсатор позбавляє сигнал від гармонік с частотами  $n \cdot f_b$ , та  $(n \cdot f_b)^2$ , де  $n$  – порядковий номер гармоніки сигналу дихання, та/або інтермодуляційних складових з частотами, що є кратними  $f_b$ . Після застосування до отриманого сигналу (рис. 2) ШПФ із розрядністю 1024, одержимо спектрограму з яскравим сплеском на частоті, що відповідає заданій при моделюванні частоті серцебиття (рис. 3).

Отриманий результат дозволяє зробити висновок про доцільність використання гармонійного компенсатора з метою виділення частоти серцебиття з отриманого сигналу, у випадку коли частота дихання наближається до частоти серцебиття.

#### Висновки.

Проведено аналітичне дослідження спектра фазової характеристики отриманого сигналу, що характеризує процес дихання та серцебиття людини. Показано, що рівень зсуву грудної клітини, викликаний

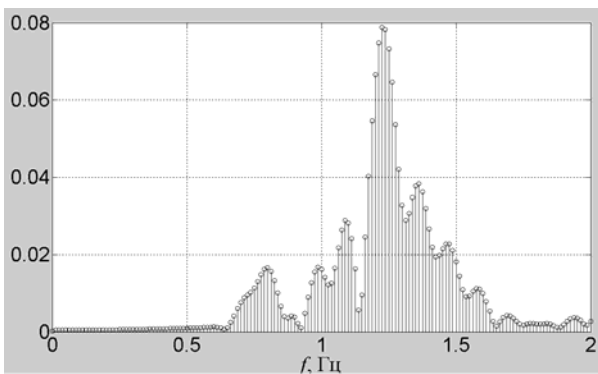


Рис. 3. Спектрограма серцебиття

серцебиття, для автоматичного видалення гармонік сигналу дихання (а також для позбавлення від інтермодуляційних складових).

#### Література

1. Scott W.R. An Acousto-electromagnetic Sensor for Locating Land Mines / Scott W.R., Schroeder C., Martin J.S. // Part of the SPIE Conference on Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets III ; Orlando, Florida, April 1998, SPIE. – Vol. 3392, 0277-786X, 98. – P. 176–186.
2. Grenaker E. F. Radar Sensing of Heartbeat and Respiration at a Distance with Security Applications / E. F. Grenaker // Proceedings of SPIE, Radar Sensor Technology II ; Orlando, Florida, April 1997. – Vol. 3066. – P. 22–27.
3. Through Wall Sensing of Human Breathing and Heart Beating by Monochromatic Radar /A.S. Bugaev [et al.] // Proceedings of the Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar, GPR'2004 ; Netherlands, 2004. – Vol. 1. – P. 291–294.
4. Хоменко Ж. М. Особливості радіолокаційного виявлення цілей, що роблять зворотно-поступальний рух / Ж. М. Хоменко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія Технічні науки. – 2011. – № 2 (57). – С. 114–119.
5. Харрис Ф. Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье / Ф. Дж. Харрис // ТИИЭР. – 1978. – Т. 6, № 1. – С. 60–96.
6. Васильев К. А. Особенности реализации широкополосного радиопеленгатора / К. А. Васильев // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения : материалы Международной научно-технической конференции INTERMATIC ; 14–17 ноября 2011 года, г. Москва. – Ч. 3. – М. : МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2011. – С 43–47.