

ІНТЕРВАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ІНФОРМАЦІЙНОГО СИГНАЛУ В ЗАДАЧІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗВОРОТНОГО ГОРТАННОГО НЕРВА

Падлецька Н.І.¹⁾, Дивак М.П.²⁾

Тернопільський національний економічний університет
^{1)здобувач; 2) д.т.н., професор}

Сучасні технічні засоби по виявленню зворотного гортанного нерва (ЗГН) в процесі операції на щитовидній залозі ґрунтуються на подразненні змінним електричним струмом області хірургічного втручання і оцінюванні результатів цього подразнення на голосових зв'язках [1]. Якщо область подразнення включає ЗГН, то відбувається скорочення м'язів, які розтягують голосові зв'язки, якщо ж подразнення зроблено на м'язовій тканині хірургічної рани, то реакція на подразнення буде незначною. В існуючому способі ідентифікації ЗГН інформаційним параметром є амплітуда $[U_{\max}^-; U_{\max}^+]$ інформаційного сигналу $u(t)$, виділеного фільтром, смуга пропускання якого в межах частоти сигналу подразнення [2]. При цьому амплітуда сигналу є достатньо велика при подразненні безпосередньо гортанного нерва (рис.1, а) і різко зменшується (до рівня шумів) при незначному віддаленні від нього (рис.1, б). На рис.1 по осі абсцис відкладено відлік часу, а по осі ординат – пронормована амплітуда інформаційного сигналу.

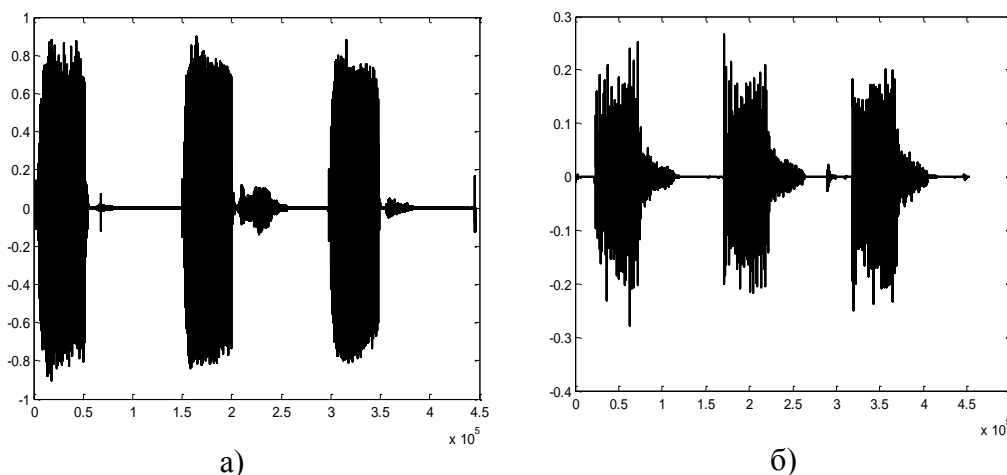


Рисунок 1 - Фрагменти інформаційного сигналу – реакції на подразнення тканин хірургічної рани

Недоліком зазначеного підходу є низька чутливість і в результаті високий ризик пошкодження ЗГН в процесі хірургічної операції.

Інший спосіб, описаний в праці [3], передбачає спектральний аналіз інформаційного сигналу або ж побудову автокореляційної функції цього сигналу з подальшим отриманням спектральної густини енергії [4]. Як показано у [3], отриманий спектр інформаційного сигналу суттєвим чином залежить від особливостей гортані пацієнта незалежно від частоти подразнення м'язової тканини чи ЗГН на хірургічній рані. Дослідження також показали, що основний енергетичний спектр інформаційного сигналу на низьких частотах подразнення сконцентровано в діапазоні від 0 до 300 Гц залежно від специфіки гортані пацієнта.

Тому в подальших дослідженнях було запропоновано наступну схему аналізу інформаційного сигналу з метою виявлення ЗГН.

Крок 1. Сегментація інформаційного сигналу з метою виділення фрагментів сигналу, отриманих під час вдихання та видихання пацієнтом повітря.

Крок 2. Отримання автокореляційної функції виділеного сегменту з метою зменшення впливу завад на енергетичний спектр сигналу.

Крок 3. Отримання спектральної густини енергії інформаційного сигналу шляхом застосування перетворення Фур'є.

Крок 4. Оцінка енергії сигналу в діапазоні від 0 до 300 Гц. Такий крок обґрунтовано встановленими в процесі дослідження спектральними характеристиками інформаційного сигналу типовими для групи пацієнтів.

Крок 5. Нормування отриманої енергії за рахунок зіставлення із енергією інформаційного сигналу у цьому ж діапазоні частот, але отриманої внаслідок подразнення м'язової тканини.

В результаті виконання п'ятого кроку, на відміну від того як в існуючому способі, отримуємо межі енергії $[E^-; E^+]$ інформаційного сигналу.

Дослідження показали, що такий підхід забезпечує вищу чутливість в процесі ідентифікації ЗГН.

Реалізація алгоритму для конкретного прикладу

На рис.2 наведена діаграма, яка ілюструє гарантовані інтервали оцінок енергії інформаційного сигналу для чотирьох пацієнтів, які отримано вище зазначеним способом. При цьому рис 2,а показує інтервальні оцінки розподілу енергії у випадку подразнення ЗГН, а рис.2,б – у випадку подразнення м'язової тканини.

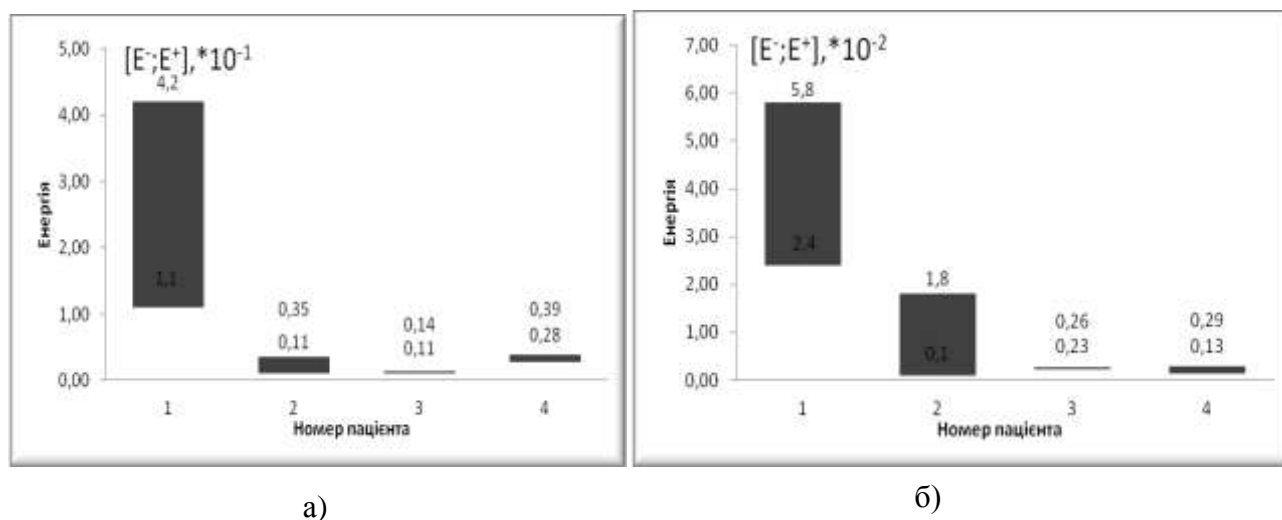


Рисунок 2 - Розподіл енергії інформаційного сигналу

Як бачимо, енергія інформаційного сигналу у випадку подразнення ЗГН суттєво перевищує енергію, отриману в процесі подразнення м'язової тканини.

Висновки

Виходячи із проведених досліджень, можна вважати, що запропонований вище спосіб забезпечує більшу чутливість при ідентифікації ЗГН і відповідно знижує ризик його пошкодження в процесі хірургічної операції.

В майбутньому заплановано реалізувати запропонований метод опрацювання інформаційного сигналу для візуалізації ЗГН.

Список використаної літератури

1. Dyvak M, Device for identification of laryngeal nerves, Proc. (forum catalogue) of the 3th International Forum on Innovative Technologies for Medicine, Bialystok, Poland, pp.34, December 1-3, 2009.
2. Патент України на корисну модель №51174 . Спосіб ідентифікації гортанного нерва з інших тканин хірургічної рани при проведенні хірургічних операцій на щитовидній залозі / Дивак М.П., Шідловський В.О., Козак О.Л. // Бюл. "Промислова власність" №13. – 2010.
3. Dyvak M. Spectral analysis of information signal in the task of identification the recurrent laryngeal nerve during thyroid surgery / Dyvak M., Kasatkina N., Pukas A., Padletska N. Proceedings of the 13th International Workshop "Computational Problems of Electrical Engineering" – Grubow, Poland, September 5-8, 2012, p.55.
4. Dyvak M. Identification the Recurrent Laryngeal Nerve by the Autocorrelation Function of Signal as Reaction on the Stimulation of Tissues in Surgical Wound / Dyvak M., Padletska N., Pukas, A., Kozak O. // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics. Proceedings of the XIIth International Conference CADSM'2013.- 2013. – p.89-92.