

УДК 53.05: 617.753

Тимків П.О.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИНТЕЗ ФІЛЬТРУ САВІЦЬКОГО-ГОЛЕЯ ДЛЯ ЗАДАЧ АДАПТИВНО-РЕКУРСИВНОГО ОЦІНЮВАННЯ КВАНТОВОГО ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛУ

Застосовано фільтр Савіцького-Голея для синтезу фільтру Калмана при опрацювання квантового електроретиносигналу (КЕРС). Проведено інтерполяцію КЕРС фільтром Савіцького-Голея при різній кількості точок. Визначено похибку оцінювання для експериментально отриманого КЕРС.

Ключові слова: квантовий електроретиносигнал, фільтр Савіцького-Голея, фільтр Калмана.

Tymkiv P.O.

SYNTHESIS SAVITZKY–GOLAY FILTER FOR PROBLEMS ADAPTIVE-RECURSIVE PROCESSING QUANTUM ELECTRORETINOSIGNAL

Applied Savitzky–Golay filter for synthesis Kalman filter processing for quantum electroretinosignal (KERS). An interpolation KERS for filter Savitzky–Golay for different number of points. Error of assessment determined experimentally obtained for KERS.

Key words: quantum electroretinosignal, Savitzky–Golay filter, Kalman filter.

Постановка проблеми. Електроретинографію рекомендовано до застосування при оцінюванні ризику нейротоксикації [1], але при цьому необхідне підвищення роздільної здатності. Цього досягнуто зниженням енергії світлового подразнення [2-4]. Електроретиносигнал отриманий зі зниженою енергією світлового подразнення аж до квантового рівня, називатимемо квантовим електроретиносигналом (КЕРС), оскільки око реагує на подразнення з енергією фотонів значно меншою від порогу відчуття зору [5-7].

Проте, зниження енергії світлового подразнення (ξ_n) зменшує величину відношення енергій КЕРС $s(n\Delta t)$ та шуму $n(n\Delta t)$ у відібраній суміші $x(n\Delta t) = s(n\Delta t) + n(n\Delta t)$, де Δt – крок дискретизації ($\Delta t = 1/2f$, f – частота граничного спектру КЕРС з умов теореми Котельникова), $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ – номер відліку. Зменшення відношення енергій корисного сигналу до шуму знижує інформативність електроретинографічного дослідження [2]. У [3, 4], для підвищення інформативності електроретинографічного дослідження, обґрунтовано застосування фільтру Калмана. Застосування фільтру Калмана вимагає обчислювальної моделі корисного КЕРС s_n , або апріорно заданого еталонного КЕРС напрацьованого раніше (наприклад, при обширних та тривалих медичних дослідженнях).

Оскільки, отримання КЕРС пов'язане із значною складністю технічної реалізації, значним впливом шумів (чи від біооб'єкта чи від діагностичної системи), то при застосуванні когерентної фільтрації (усереднення), корисний КЕРС значно спотворений шумами (рис.1.).

Для цього у роботі застосовано фільтр Савіцького-Голея (застосовано інтерполяцію з різною кількістю точок), та проведено опрацювання експериментально отриманого КЕРС за допомогою фільтру Калмана.

Методи та результати дослідження. Фільтр Савіцького-Голея – це цифровий фільтр, який може бути застосований до набору цифрових даних (точок) з метою

згладжування, тобто, для збільшити відношення сигнал-шум без істотного спотворення сигналу.

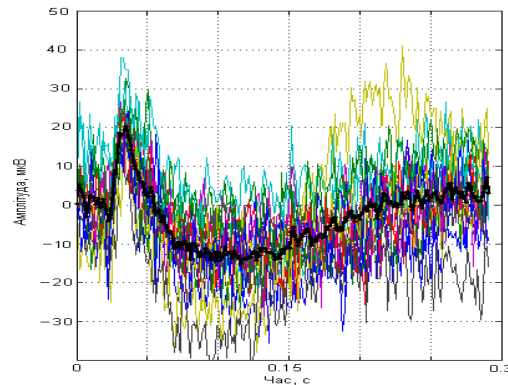


Рис. 1. Ансамбль експериментально отриманих КЕРС при зниженні енергії світлового подразнення (товстою лінією зображено усереднення з 16 КЕРС)

Це досягається, в процесі згортки, шляхом адаптуванням послідовних наборів сусідніх точок за допомогою поліному, методом найменших квадратів.

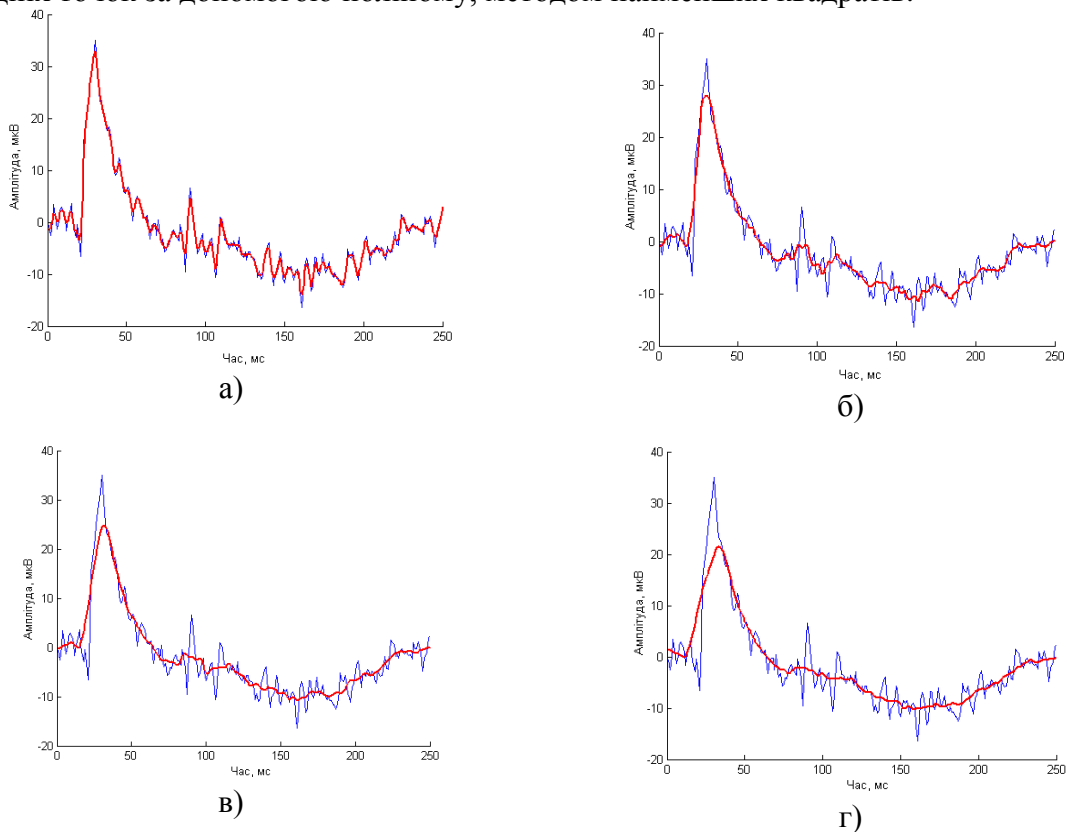


Рис.2. Результат опрацювання фільтром Савіцького-Голя (товста лінія) КЕРС після когерентної обробки (тонка лінія): а) – 3 точки згладжування, б) – 9 точок згладжування, в) – 17 точок згладжування, г) – 21 точка згладжування.

Зі збільшенням кількості точок, при опрацюванні фільтром Савіцького-Голя у КЕРС зменшується спотворення шумами. Проте, зменшується максимальне амплітудне значення в-хвилі КЕРС. Тому на основі визначеної похибки інтерполяції (табл.1.), застосовано перший порядок фільтру Савіцького-Голя, та 15 точок згладжування

Таблиця 1

Похибка інтерполяції фільтру Савіцького-Голя

Кількість точок	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
Значення похибки інтерполяції (мкВ)	3.01	5.06	6.77	7.61	8.18	9.35	10.54	12.18	13.97	15.33

Оскільки, фільтр Калмана, відомий також як лінійно-квадратичне оцінювання (linear quadratic estimation, LQE), — це алгоритм, який використовує послідовності вимірювань протягом часу, що містять шум (випадкові відхилення) та інші неточності. Результатом роботи є оцінка невідомих змінних. То, отримавши оброблений сигнал фільтром Савіцького-Голея, застосуємо його як еталонний при опрацюванні фільтром Калмана експериментально отриманого КЕРС. Результати представлені на рис.3.

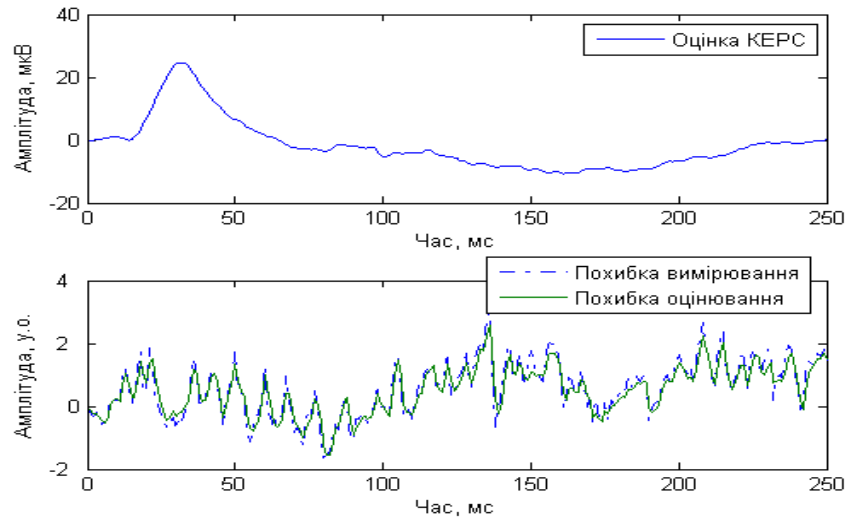


Рис.3. Результати опрацювання фільтром Калмана експериментально отриманого КЕРС

Висновок. При відборі КЕРС, відношення енергії корисного сигналу до енергії шуму є малим. Когерентна фільтрація для отримання апріорного еталонного сигналу є малоефективною, тому застосовано фільтр Савіцького-Голея. Опрацювання алгоритмом Савіцького-Голея при різній кількості точок, дало змогу застосувати еталонний КЕРС у фільтрі Калмана, для опрацювання експериментально отриманого КЕРС, та визначення похибки оцінювання.

Література:

1. Environmental Health Criteria 223. Neurotoxicity Risk Assessment For Human Health: Principles And Approaches [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: – <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc223.htm>
2. Ткачук Р.А. Підвищення ефективності біотехнічних систем для активних біомедичних досліджень / Ткачук Р.А., Цуприк Г.Б., Яворський Б.І. // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів: тези доповіді. – Київ, 15-19 жовтня 2012.– С.145
3. Ткачук Р.А. Оптимізація ретинографічної системи для виявлення прихованого біологічного впливу на організм людини / Р.А. Ткачук // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2009. – № 2. – С. 145-152.
4. Ткачук Р. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеними вірогідністю та ефективністю / Р. Ткачук, Б. Яворський // Вісник ТДТУ. — 2009. — Том 14. — № 3. — С. 102-110.
5. Ткачук Р. А. Устройство возбуждения сетчатки глаза для фотонной электроретинографии / Р.А.Ткачук, Б.И. Яворский // 20-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». — 2010. – С. 128 – 133.
6. Hecht S. Energy, Quanta and Vision / S. Hecht // Journal of General Physiology. – 1942, July 20. P. 819 – 840.
7. Brunner N. Detection of Weak Optical Signals by the Human Visual System: Perspectives in Neuroscience and in Quantum Physics / N. Brunner, Ch. De Balthazar, R. Alvarez // Electrical Neuromaging Group, HUG, Geneva. – 2008. – 12p.