

УДК 53.05: 617.735

Атаманчук С. – ст. гр. РМ_М-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБЛЕННЯ
ЕЛЕКТРОРЕТИНОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ ПРИ НИЗЬКІЙ
ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛОВОГО ПОДРАЗНЕННЯ**

Науковий керівник: д.т.н., проф. Р.А. Ткачук

Atamanchuk S.V.

Ternopil State Technical University named after Ivan Pul'uj

**METHODS AND PROCESSING FACILITIES
ELECTRORETINOGRAPHY SIGNALS AT LOW INTENSITY LIGHT
IRRITATION**

Supervisor: prof. R. A. Tkachuk

Ключові слова: електроретиносигнал, низька інтенсивність, світлове подразнення.

Keywords: electroretinosignal, low intensity, light irritation

Для діагностики функціонального стану зорової системи використовують низку стандартних методик. Одна із цих методик, ґрунтується на основі аналізу електроретинографічних сигналів (ЕРС) – тобто сумарного відгуку клітин сітківки ока на зовнішнє світлове подразнення. Для реєстрації і аналізу сигналу використовують діагностичну систему, що забезпечує реєстрацію ЕРС в реальному часі і проводиться необхідна обробка, яку після графічного запису називають електроретинограмою (ЕРГ). Оскільки для стандартної інтенсивності світлового подразнення необхідний значний час для відновлення родопсину та утворення відгуку ретини, тому для скорочення часу проведення дослідження потрібно знижувати в сотні разів інтенсивність подразнення. При зниженні інтенсивності подразнення світлом до $(0,03-0,3 \text{ Кд} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-2})$, що є нижче рівня встановленого стандартом зі зменшеною тривалістю реєстрації (до 250 мс), офтальмодіагностична система повинна задовільняти вимоги щодо реєстрації та оброблення отриманих сигналів. При цьому, у відібраній суміші сигналів, відношення енергії корисного ЕРС та шуму (наприклад, адитивної суміші шуму від біооб'єкта, шуму діагностичної системи, шуму електродів чи артефактів) може бути менше одиниці, тому виникає проблема обґрунтування адекватної математичної моделі для виділення інформативних ознак корисного сигналу. Відомо, що відгук ретини на подразненнями фотонами (50 – 150), який характеризує мінімальний поріг чутливості ока, потребує додаткової обробки при виділенні із суміші шуму та корисного сигналу [1].

$$x(t) = S_n(t) + n(t) \quad (1)$$

де $x(t)$ - величина відгуку сітківки ока на світлове подразнення, $S_n(t)$ - сигнал на вході реєструючого пристрою, $n(t)$ – сумарне значення складової шумів та артефактів при реєстрації ЕРС.

Оскільки ЕРС є зникаючим коливанням, то при зниженні енергії світлового подразнення виділити корисний сигнал шляхом кальманівської фільтрації, яка може бути записана наступним рівнянням:

$$b_2 s_{n-2} + b_1 s_{n-1} + s_n = \xi_n, \quad (2)$$

де ξ_n — вличина світлового подразнення сітківки ока, b_1, b_2 - значення коефіцієнтів які визначають параметри хвиль (амплітуда та швидкість заспокоєння) електроретиносигналу. S_n, S_{n-1}, S_{n-2} – величина сигналів до і після рекурсивно-адаптивного фільтрування.

Оскільки дослідження ЕРС пов'язане з проблемою виявлення малого за величиною корисного сигналу у суміші із завадами. Внаслідок цього морфологічні параметри ЕРС (амплітуда хвиль, тривалість та інші) в залежності від виду завади можуть набувати різних значень і ставати неінформативними для діагностування стану організму людини. Дану проблему в офтальмологічних системах діагностики (зокрема в системах CALYPSO, ДКЗО-01 та інших), вирішували методом когерентної фільтрації (усереднення певної (N) кількості реєстрацій суміші), внаслідок чого дисперсія завад зменшується в \sqrt{N} разів і із зростанням кількості реєстрацій значення усередненої суміші сигналу та шуму прямують до значень ЕРС. Метод усереднення N кількості реєстрацій суміші пов'язаний із незручностями та втомлюваністю пацієнта, а для ЕРС із зниженою енергією світлового подразнення кількість N може складати одиниці - десятки реєстрацій, що ускладнює процес реєстрації ЕРГ. Застосування адаптивно-рекурсивного фільтра Калмана забезпечує виділення сигналу із суміші при знижені енергії світлового подразнення та дозволяє скоротити тривалість процедури дослідження пацієнта електроретинографічним методом.

Висновок. Застосування зниженої інтенсивності світлового подразнення у електроретинографічних діагностичних системах зменшує інвазивність дослідження та час проведення процедури і дозволяє точніше діагностувати функціональний стан організму людини. При низькій інтенсивності знижується відношення енергії корисного сигналу до енергії шуму, що потребує застосування адекватної математичної моделі та удосконалення методів обробки ЕРС із застосуванням цифрової кальманівської фільтрації для опрацювання сигналу з низькою енергією світлового подразнення ретини.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Hecht S. Energy, Quanta and Vision / S. Hecht // Journal of General Physiology. – 1942, July 20.P. 819 – 840.
2. Ткачук Р. А. Оптимальна обробка електроретиносигналу для визначення форми електроретинограми / Р.А. Ткачук // Вимірювальна техніка та метрологія. — 2009. – № 70. – С. 9 – 13.