

Використання закону Вебера-Фехнера в квантовій електроретинографії

Using the Weber-Fechner law in quantum electroretinography

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра біотехнічних систем, t_pavlo_o@ukr.net

Дослідження стану організму чи виявлення розвитку патології на початкових етапах робить медичні процедури ефективнішими. Оскільки одним із основних принципів створення системи дослідження стану організму є неінвазивність, то дедалі більшого поширення набуває метод електроретинографії – дослідження електричного потенціалу сітківки ока людини (рис.1.).

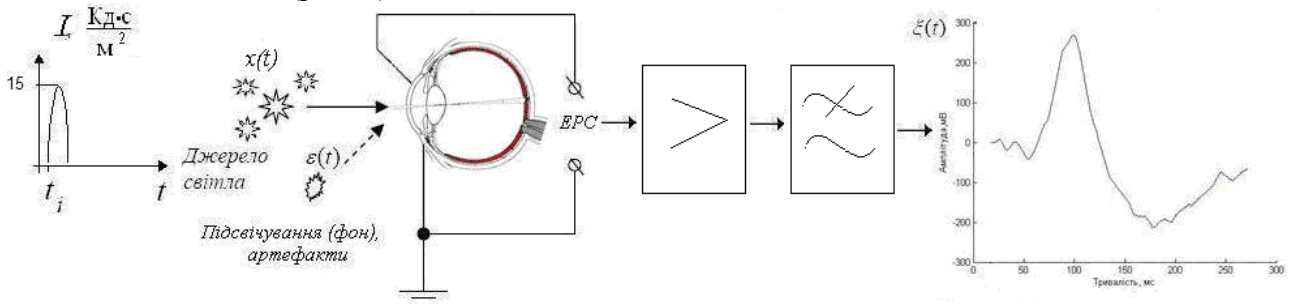


Рис.1. Схема реєстрації електроретинограми

Стандартна методика проведення електроретинографії має недолік – для збільшення відношення енергії сигналу до енергії шуму (E_s/E_n) застосовується стандартна висока інтенсивність (I) світлового подразнення (стандарт ISCEV118:60-77, $I = 1-30$ (Кд·с)/м²). Внаслідок цього збільшується час процедури дослідження за рахунок необхідності відновлення ретини, збільшується інвазивність.

У даній роботі наведено використання світлового подразнення з низькою інтенсивністю (фотонна, квантова електроретинографія), що призведе до уникнення недоліків стандартної електроретинографії: зменшення часу відновлення ока та неінвазивності. Сприйняття подразнення оком відбувається на основі психофізичного емпіричного закону Вебера-Фехнера [1]:

$$R = K \ln I$$

R – інтенсивність відчуття, K – коефіцієнт Вебера (для зору $K=0.01$), I – інтенсивність подразника.

Зниження інтенсивності світлового подразнення (I) у квантовій електроретинографії призводить до зменшення часу відновлення ока (часу проведення процедури) та збільшення роздільної здатності методу (рис.2.):

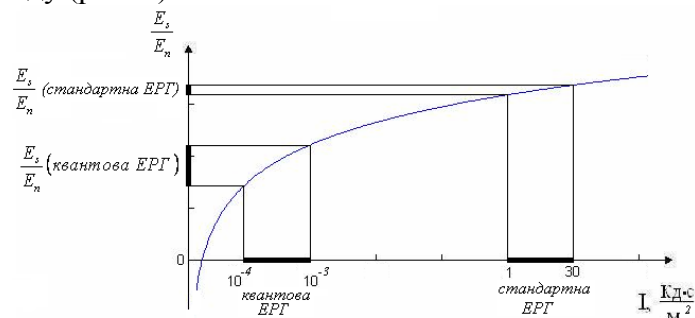


Рис. 2. Графік залежності відносної енергії сигналу від інтенсивності світлового подразнення

Електроретинографії з низькою інтенсивністю (переміщення інтенсивності світлового подразнення у ділянку з більшою крутизною, див. рис.2.) має низку суттєвих переваг: низька інвазивність, зменшення часу відновлення ока, а отже і тривалості проведення процедури, вища роздільна здатність.

Проте при зменшенні інтенсивності світлового подразнення значний вплив на подальший аналіз електроретиносигналу спричинює рівень шумів (підсвічування, фон, артефакти), за рахунок зменшення відношення енергії сигналу до енергії шуму (E_s/E_n) (рис.3.):

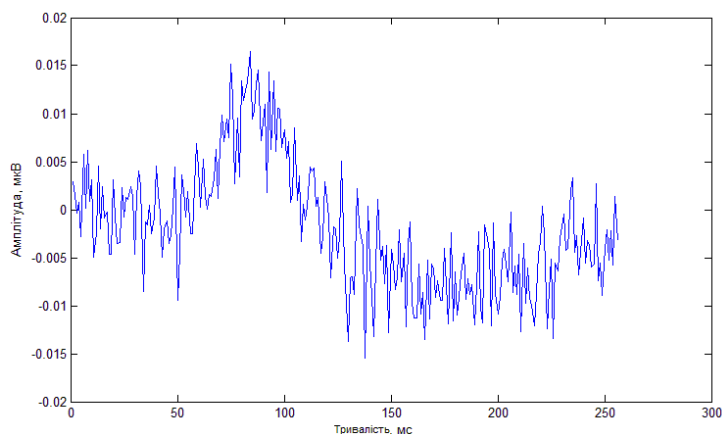


Рис.3. Квантова електроретинограма

Виділення сигналу із суміші потребує адекватної математичної моделі. Відомі роботи, в яких апроксимація електроретинограми здійснюється на основі ортогональних поліномів (Лагера, Чебишева, Кравчука) [2] чи поліномами Гаусса, LSV-поліномів та ін [3]. Проте методів підбору поліномів для задач квантової електроретинографії виявилось недостатньо.

Також для фільтрації суміші сигналу та шуму згідно стандарту ISCEV 120:111–119 застосовується смуговий низькочастотний фільтр (від 75-100 Гц, до 300 Гц). Проте, при такому відношенні енергії сигналу до енергії шуму не можливо ефективно виділити сигнал.

Висновок.

Використання електроретинографії з низькою інтенсивністю дозволить зменшити тривалість проведення процедури, вплив на пацієнта та підвищити роздільну здатність методу. При зменшенні інтенсивності світлового подразнення, згідно емпіричного психофізичного закону Вебера-Фехнера, зменшується відношення енергії сигналу до енергії шуму (E_s/E_n), застосування апроксимації електроретинограми поліномами чи низькочастотної фільтрації не принесло очікуваних результатів. Тому необхідне застосування нових методів обробки електроретиносигналу, зокрема застосування адаптивно-рекурсивної фільтрації.

Літературні джерела:

1. Энциклопедический словарь [Текст] : [Свыше 1000 статей] / Сост. Б. А.Душков, Б. А.Смирнов, А. В.Королев, Ред. Б. А.Душков, Пред. В. Д.Шадриков. - Екатеринбург: Деловая книга, 2000. - 462 с.
2. Марченко Б.Г. Математичні моделі й обробка сигналів в офтальмології./ Б.Г. Марченко, О.В. Мацюк, М.Є. Фриз. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ ім. І. Пулюя, 2005. – 182 с.
3. R. Barraco. A study of the human rod and cone electroretinogram a-wave component / R Barraco, L. Bellomonte, M. Brai. – Dipartimento di Fisica e Tecnologie Relative, Università di Palermo, 2009.