

ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» – Минск, Беларусь

При создании новых и совершенствовании существующих методов оценки состояния человека, проведении медицинских исследований широко применяются цифровые системы и информационные технологии. Для исследования нейронной сети головного мозга человека при психических заболеваниях используются электроэнцефалограммы (ЭЭГ), представляющих собой сложные цифровые сигналы. В настоящее время для лечения резистентных форм психических и поведенческих расстройств применяется метод электросудорожной терапии (ЭСТ). Определение информативно-значимых параметров ЭЭГ, которые свидетельствовали бы о результативности ЭСТ остается проблематичным. Представлены результаты некоторых способов цифровой обработки временных реализаций электроэнцефалограмм, которые могут найти применение при сравнительном анализе ЭЭГ.

Разработка новых и совершенствование уже существующих методов оценки состояния и лечения человека является важным направлением медицинских исследований. Поэтому применение разнообразных способов обработки параметров и характеристик человеческого организма и формализация систем принятия решений являются весьма актуальными. Вычислительная и информационная мощность современных технических средств, в том числе и мобильных, позволяет существенно расширить подходы к решению разнообразных задач, связанных с обработкой длинных реализаций цифровых сигналов.

Основным функциональным элементом мозга человека является нейрон [1-2]. Работа мозга, как взаимодействие нейронов посредством электрических токов, сопровождается изменением электромагнитного поля на поверхности головы, которое можно зафиксировать специальными первичными преобразователями и преобразовать в виде изменяющихся параметров тока или напряжения, что и происходит, когда снимают электроэнцефалограмму [3]. Электроэнцефалография – процедура, которая проводится для определения электрической активности головного мозга для выявления очагов повышенной судорожной готовности его коры, что характерно для: эпилепсии; опухолей; состояний после перенесенного инсульта; структурных и метаболических энцефалопатий; расстройств сна и других заболеваний. Электроэнцефалограмма показывает симптомы нарушения работы головного мозга, позволяет оценить характер отклонений и степень их распространенности [3-5].

Электроэнцефалограмма, как цифровой сигнал.

Электроэнцефалограмма отражает колебания напряжения в результате ионного тока в нейронах головного мозга и является электрическим сигналом, как результатом спонтанной электрической активности мозга в течение определенного периода времени, записанной с нескольких электродов на мозге или поверхности скальпа. Стандартной системой размещения электродов на поверхности головы, рекомендованной Международной федерацией электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии является система «10–20%» [5].

Результатом ЭЭГ являются цифровые сигналы, к которым исследуют с помощью методов цифровой обработки сигналов (ЦОС) [6-7]. Наиболее распространен спектральный метод исследования сигналов ЭЭГ, в ходе которого анализируется мощность сигнала в частотных полосах, называемых: альфа (8-13 Гц); бета (13-35 Гц); гамма (35-70 Гц); дельта (0.3-4 Гц); тэта (4-8 Гц) [4-5].

При этом, в большинстве случаев вычисление амплитудного спектра производится на 1024-х или меньшем количестве дискретных точек [8-9], что приводит к достаточно грубому частотному разрешению. Однако, в настоящее время для исследования электроэнцефалограмм в режиме реального времени можно применить и другие способы обработки для выявления новых параметров и информативно-значимых признаков. Это цифровая фильтрация, вейвлет обработка, преобразование Гильберта-Хуанга, гистограммы распределения, разло-

жение сигнала на детерминированные и шумоподобные компоненты, построение временных трендов и их обработка [10].

На рисунке 1 показан один из сигналов ЭЭГ (отведение FP1-AA), а на рисунке 2 его амплитудный спектр, вычисленный для частотного разрешения 0.03 Гц .

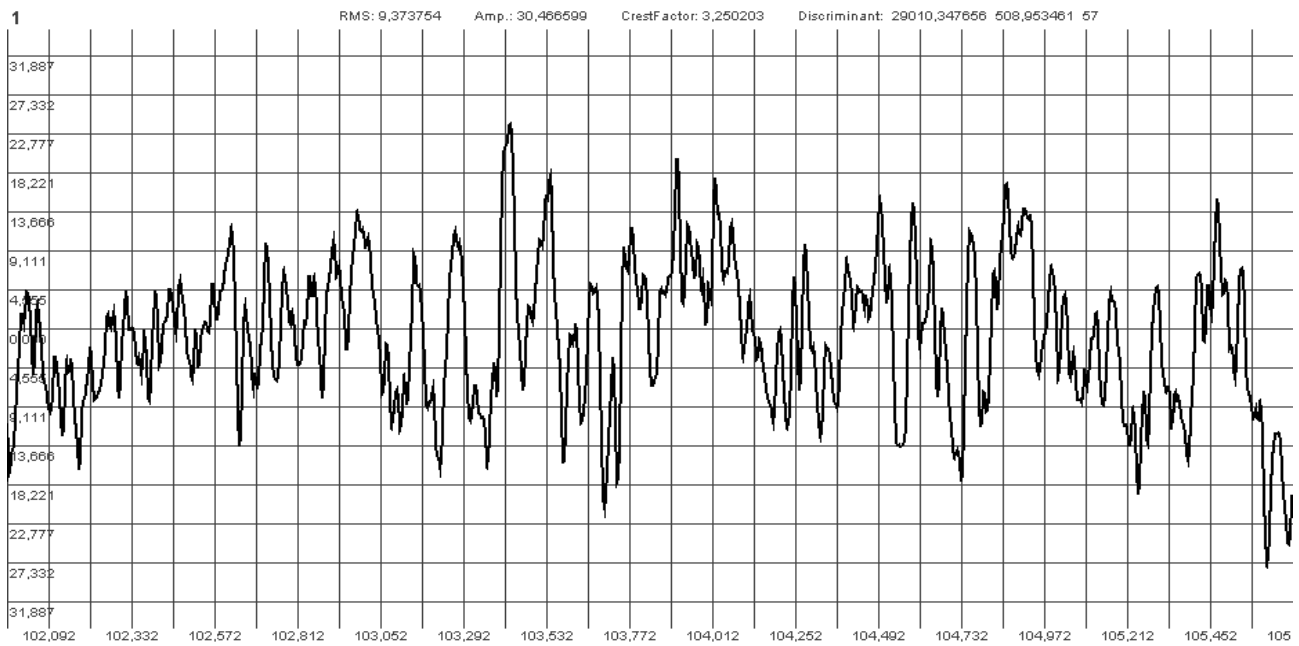


Рисунок 1 – Сигнал ЭЭГ, полученный при частоте дискретизации 250 Гц

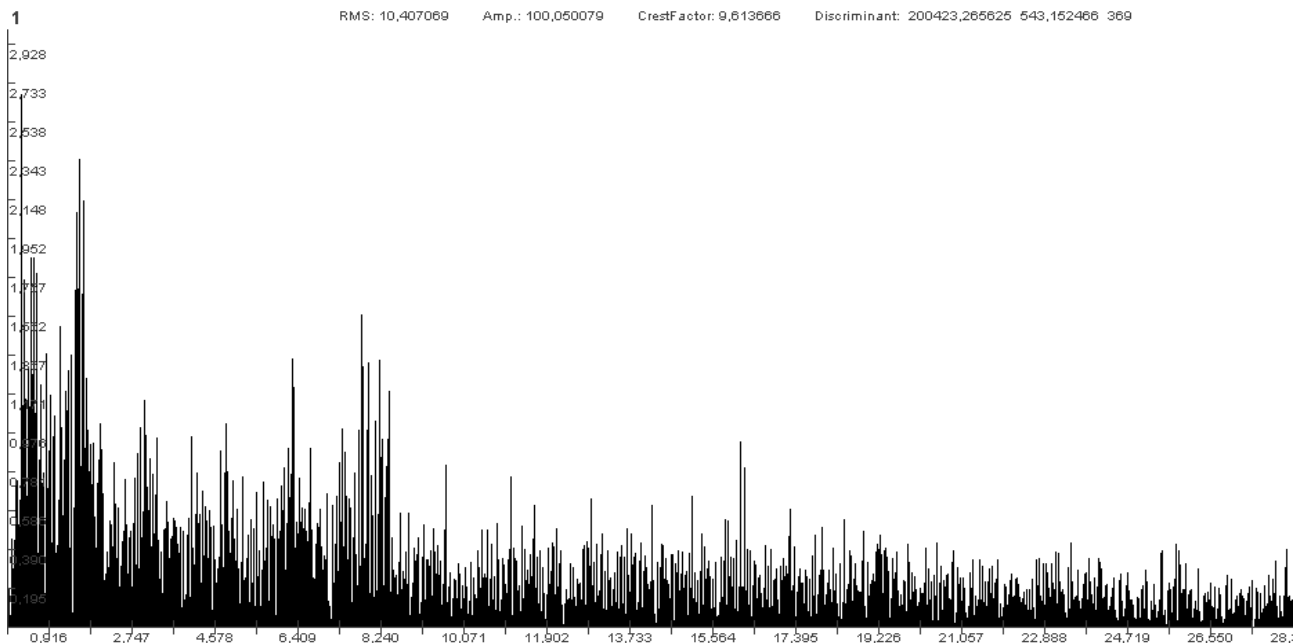


Рисунок 2 – Амплитудный спектр сигнала ЭЭГ на временном интервале $32,768 \text{ с}$.

Проведенные исследования сигналов ЭЭГ показали, что изменение частотного разрешения спектрального анализа приводит к изменению структуры их амплитудных спектров, что свидетельствует о случайном характере сигналов ЭЭГ [11]. При этом на определенных временных интервалах анализа гистограмма распределения сигнала ЭЭГ по уровням близка к нормальному закону распределения. Число заболеваний, которые приводят к изменениям ЭЭГ человека достаточно велико. Наиболее часто с её помощью диагностируют эпилепсию. Данный недуг является очень опасным и проявляется в припадках и судорогах, во время которых больной теряет сознание.

Выводы. По результатам исследования состояния нейронной сети головного мозга человека с использованием электроэнцефалограмм получают данные, которые впоследствии находят применение в медицинской практике. Результаты обработки ряда ЭЭГ позволяют сделать предположение о возможности определить группу информативно-значимых признаков, по которым можно будет делать обоснованное заключение об эффективности процедуры электросудорожной терапии или других способов лечения. Предварительный анализ сигналов ЭЭГ показал, что достаточно существенные отличия сигналов ЭЭГ наблюдаются в частотной полосе 13-35 Гц. Однако данная гипотеза требует подтверждения на большом объеме реальных данных. Можно применить и другие способы обработки для выявления новых параметров, информативно-значимых признаков и артефактов [11].

Список литературы

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации. Пер. с польского И. Д. Рудинского. – Москва: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
2. Павлова, Л. П. Доминанты деятельного мозга человека. Системный психофизиологический подход к анализу ЭЭГ / Л.П. Павлова. – СПб.: Информ-навигатор, 2017. – 430 с.
3. Зенков, Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Л. Р. Зенков. 2-е изд., испр. и доп. – М.: МЕДпресс-информ, 2002. – 368 с.
4. Докукина, Т.В. Визуальная и компьютерная ЭЭГ в клинической практике / Т. В. Докукина, Н. Н. Мисюк. – Минск: Книгазбор, 2011. – 187 с.
5. Татум, У.О. Клиническая интерпретация электроэнцефалографии / У.О. Татум. А.М. Хусейн, С.Р. Бенбадис, П.В. Каплан. Пер. с англ. – М.: Издательский дом БИНОМ. 2020. – 264 с.
6. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
7. Айфичер, Э.С. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э.С. Айфичер, Б.У. Джервис. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 992 с.
8. Кулаичев, А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика / А.П. Кулаичев. – Москва: ИНФРА-М, 2018. – 469 с.
9. Электроэнцефалография: руководство / М. В. Александров [и др.]. Под ред. М. В. Александрова. 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2020. – 224 с.
10. Бранцевич, П. Ю. Цифровая обработка вибрационных сигналов / П. Ю. Бранцевич. – Минск: Бестпринт, 2022. – 297 с.
11. Бранцевич, П. Ю. Примеры цифровой обработки электроэнцефалограмм / П. Ю. Бранцевич // Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сб. науч. Ст. XIII Междунар. Науч.-техн. конф. (Республика Беларусь, Минск, 8-9 декабря 2022 года). – Минск: БГУИР, 2022. – С. 314-318.
12. Метод лечения резистентных форм психических и поведенческих расстройств с использованием электросудорожной терапии. Инструкция по применению / Докукина Т.В. [и др.]. Утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 20.01.2015. – Минск: Министерство здравоохранения РБ, 2015. – 11 с.
13. Бауэр, М. Клинические рекомендации Всемирной федерации обществ биологической психиатрии по биологической терапии униполярных депрессивных расстройств. Часть 3: Острое и продолженное лечение униполярных депрессивных расстройств по состоянию на 2013 год / Бауэр М., Пфенниг А., Северус Э., Вайбрау П.С., Ж. Ангст, Мюллер Х.-Ю. от имени и по поручению Рабочей группы по униполярным депрессивным расстройствам / Современная терапия психических расстройств. – 2016. – № 2. – С. 27-40.