

Т. Г. МАЩЕНКО, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»
Т. Ю. ГЛЫБЯНСКАЯ, магистр НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗАТОР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

У статті розглянуті результати розробки аналізатора діяльності центральної нервової системи (ЦНС), призначеного для дослідження біопотенціалів головного мозку людини, за допомогою якого можливо не тільки встановлювати характер захворювання, а й об'єктивно контролювати ефективність лікування, прогнозувати час та етапи відновлення, проводити діагностику стану центральної нервової системи людини.

The results of working out of the analyzer of activity of the central nervous system, intended for research of activity of a brain of the person, with which help it is possible not only to establish character of disease, are presented to its diagnostics, but also objectively supervise efficiency of treatment, predict time and restoration stages, are considered in the article.

Постановка проблеми. Современные технические возможности обеспечили создание большого числа различных методов обработки массивов данных, полученных при исследовании биологических систем. Однако все еще актуальным остаются вопросы повышения помехоустойчивости и качества съема биопотенциалов мозга. Существует проблема съема низкого уровня полезных сигналов на фоне спектрально-неотделимых помех. Поэтому разработка анализатора деятельности ЦНС является целесообразной.

Анализ литературы: В работах [1, 2] рассмотрены электрохимические процессы, происходящие в головном мозге, в [3] проанализированы характеристики существующих электроэнцефалографов. Из зарубежных ЭЭГ устройств наиболее распространены электроэнцефалографы фирм *Nihon Kohden*, *ORION*. На отечественном рынке лидируют электроэнцефалографы фирм *Nihon Kohden*, МБН, *NeuroCom*, *TREDEX* («DX-системы»). На основании обзора и анализа технических характеристик существующих ЭЭГ устройств можно сделать вывод, что они имеют высокие технические параметры, но дорого стоят, что подчеркивает актуальность разработки.

Цель статьи – разработать отечественный анализатор деятельности ЦНС, который бы максимально сочетал в себе ряд таких преимуществ, как: доступность, помехоустойчивость, точность, универсальность и простоту реализации.

Современная наука и медицина достаточно глубоко изучила принцип функционирования человеческого организма. Однако механизм функционирования ЦНС до сих пор изучен недостаточно. Тем не менее, достигнутые в этой области результаты и методы

позволяют диагностировать большую группу заболеваний на ранних стадиях развития, таких как функциональное нарушение нервной системы, черепно-мозговые травмы, воспалительные заболевания ЦНС, перинатальная патология нервной системы и другие.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) – метод исследования деятельности головного мозга животных и человека, основанный на суммарной регистрации биоэлектрической активности отдельных зон, областей, долей мозга. ЭЭГ применяется в современной нейрофизиологии, а также в неврологии и психиатрии. Процессы, происходящие в головном мозге человека, имеют электрохимическую природу. В результате чего на поверхности головы человека возникают слабые электрические потенциалы величиной от 1 мкВ до 2 мВ в частотном диапазоне ниже 70Гц. Электрическую активность можно зарегистрировать лишь при помощи специальных высокочувствительных электроэнцефалографов. ЭЭГ совершенно безвредна и безболезненна. Для регистрации ЭЭГ используются датчики, расположенные по поверхности головы человека, которые соединяют проводами со входом аппарата. Датчики необходимо применять такие, которые не стесняли бы человека и не создавали бы электрических помех. На выходе устройства получают графическое изображение колебаний разности биоэлектрических потенциалов живого мозга.

Задача регистрации ЭЭГ представляет собой многоканальную синхронную запись микровольтовых инфранизкочастотных сигналов с типичным внутренним сопротивлением источника сигнала единицы – сотни кОм. При этом следует учитывать априорное наличие аддитивных систематических помех с частотой питающей сети при соотношении «сигнал/шум» хуже единицы, аддитивного белого гауссовского шума электродов, постоянную составляющую в виде электрохимического поляризационного потенциала, тренды вследствие изменения осмотического давления электродной жидкости и мультипликативную помеху вследствие изменения электродного сопротивления. А также систематические и импульсные радиочастотные помехи, которые следует, видимо, выделить в отдельную группу, как и физиологические артефакты.

Типичный регистрируемый ЭЭГ-сигнал – единицы – сотни микровольт. Поэтому задача построения системы регистрации является нетипичной и не может быть решена обычными методами проектирования, т.к. пренебрегаемые параметры операционных усилителей имеют здесь важное значение.

Автоматизированные системы измерения и обработки медико-биологической информации, использующие современные программные средства, существенно расширяют диагностические возможности современной медицины. Для применения современных методик

анализа и разработки новых, необходимо иметь качественно и достоверно полученные данные в реальном масштабе времени в цифровом виде на ПК. Использование для анализа ПК является прогрессивным, так как современные ПК обладают достаточным запасом вычислительной мощности, а возможность применения гибкости Windows-компилятора позволяет внедрять самые разнообразные методики инженером-программистом, не имеющим глубоких знаний реализации устройства.

Современные электроэнцефалографы представляют собой многоканальные регистрирующие устройства, объединяющие от 8 до 24 и более идентичных усилительно-регистрирующих блоков (каналов), позволяющих таким образом регистрировать одновременно электрическую активность от соответствующего числа пар электродов, установленных на голове обследуемого.

Рассмотрим функциональную схему анализатора деятельности ЦНС. Устройство состоит из измерительного усилителя и платы регистрации.

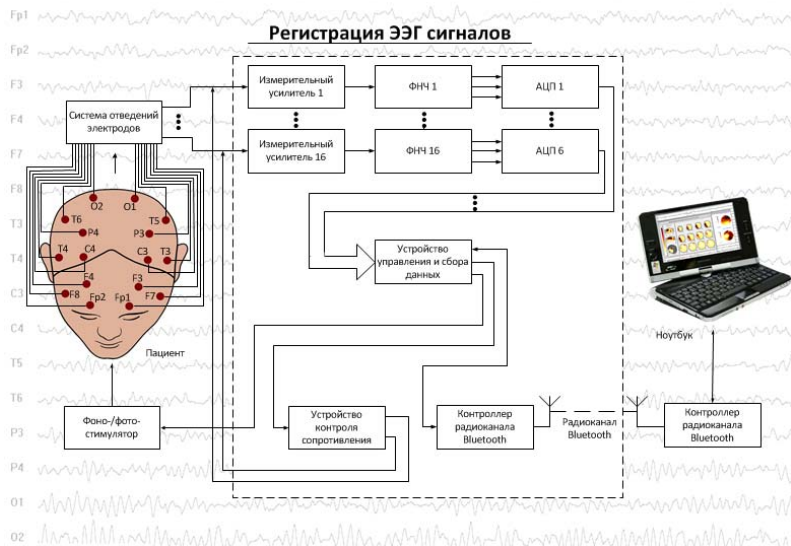


Рисунок 1 – Функциональная схема анализатора деятельности ЦНС

На каждый канал регистрации подаются напряжения, отведенные двумя электродами: одно на положительный, другое на отрицательный вход канала усиления. В каждом канале измерительного усилителя усиливается дифференциальный сигнал двух смежных точек отведений. В разработанном анализаторе деятельности ЦНС общее число отведений – 16 и симметричная система отведений.

Измерительный усилитель построен на базе МДМ ОУ и должен быть конструктивно расположен в непосредственной близости источника сигналов. Для обеспечения качественного съема и регистрации ЭЭГ сигналов измерительный усилитель предложено закреплять в датчике непосредственно на голове пациента для минимизации длины связей между электродами и усилителем. Плата регистрации может быть расположена отдельно, но длина связей между платой регистрации и измерительным усилителем не должна превышать 0,5 м.

Для минимизации влияния помех сети питания, оцифрованный сигнал передается в компьютер по радиоканалу. Благодаря этому устройство будет иметь низкий уровень внутренних шумов и достаточную устойчивость к внешним электромагнитным помехам, в частности к помехам сети питания. Именно помехи сети питания (50 Гц и другие гармоники) обычно имеют наибольшую амплитуду и сильно искажают сигнал. Кроме того, измерительный усилитель имеет входной пассивный RC-фильтр, который ограничивает полосу пропускания до усиления, что уменьшает искажение полезного сигнала, обусловленное нелинейностью характеристики усилителя.

Аппаратный фильтр нижних частот перед АЦП необходим для устранения реплик высокочастотных гармоник в спектре оцифрованного полезного сигнала. АЦП связаны с устройством сбора данных по последовательному интерфейсу, что позволяет реализовать его на одном микроконтроллере. Оцифрованные сигналы с входов АЦП поступают на вход устройства управления и сбора данных.

Устройство управления и сбора данных так же осуществляет контроль сопротивления «электрод-кожа» и выдачу сигналов на внешнее устройство фотостимуляции и фоностимуляции. Питание используется автономное от батареи (24 В), что безопаснее для пациента и позволяет избежать помехи 50 Гц без режекторного фильтра.

Схема измерительного усилителя реализована на интегральных микросхемах *ICL7650S* и *140УД17*. Плата регистрации содержит сигма-дельта аналого-цифровой преобразователь (*AD7706*), микроконтроллер (*PIC18F452*), контроллер радиоканала *Bluetooth (LMX9820)*.

Благодаря такому техническому решению, можно достичь следующих результатов:

1. При максимальной допустимой погрешности $\gamma = 0,05$ (5%) на частоте $f_{cp} = 70$ Гц постоянная времени будет равна:

$$\tau = R \cdot C = \frac{1}{2 \cdot \gamma \cdot f_{cp}}; \quad (1)$$

$$\tau = \frac{1}{2 \cdot 0,05 \cdot 70} = 0,1429 \text{ с.} \quad (2)$$

2. Требуемый коэффициент усиления равен:

$$K_y = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{2,5}{4 \cdot 10^{-3}} = 625. \quad (3)$$

3. Допустимая частота дискретизации с учетом требуемого запаса будет $f_d = 250$ Гц.

$$f_d = 2f_{\text{max}} \cdot \alpha. \quad (4)$$

4. Разрешение квантования по уровню R (количество двоичных разрядов):

$$R_{\text{min}} = \log_2 \left(\frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{\varepsilon} \cdot 2 \right); \quad (5)$$

$$R_{\text{min}} = \log_2 \left(\frac{13 \cdot 10^{-3}}{10^{-6}} \cdot 2 \right) \approx 15 \text{ бит}. \quad (6)$$

Таким образом, заложив определенный запас, определим $R = 16$ бит.

Обработка, анализ и архивация данных, а также взаимодействие с пользователем организовано на базе ПК.

Биттрейд потока информации равен:

$$P = R \cdot f_d \cdot n; \quad (7)$$

После подстановки значений получим:

$$P = 6 \cdot 250 \cdot 16 = 64 \text{ кбит/с}. \quad (8)$$

Выбранный интерфейс связи с положенным запасом позволяет обеспечить стабильную передачу требуемого потока информации в реальном времени.

Программное обеспечение для электроэнцефалографов предоставляет широкий набор методов обработки электроэнцефалограммы и форм представления результатов ее анализа.

Существуют следующие методы обработки электроэнцефалограмм:

- когерентный,
- корреляционный,
- спектральный анализ,
- сжатые спектральные массивы,
- анализ вызванных перестроек.

Все эти методы анализа ЭЭГ позволяют количественно оценить уровень взаимодействия и взаимосвязи между различными зонами головного мозга. С помощью рассмотренных методов обработки врач получает подробную информацию о состоянии ЦНС в виде разнообразных графиков, диаграмм и таблиц в любых сочетаниях и представлениях. Кроме того, получает заключение и статистику, на основании которой может быть поставлен диагноз заболевания и назначено соответствующее лечение.

Использование современных технологий позволяет автоматизировать и упростить работу медицинского персонала. Использование ПК для отображения, регистрации и исследования электрических потенциалов коры головного мозга открывает новые возможности для дальнейшей работы специалистов в этой области.

Список литературы: 1. *Иванов Л.Б.* Прикладная компьютерная электроэнцефалография. – Москва: АЗОТ «Антидор», 2000. 2. *Гольдберг Л. М., Матюшкин Б.Д.* – Цифровая обработка сигналов. – 2005. – 348 с. 3. *Крамаренко А.В.* Принцип подавления внешних шумов при проектировании аппаратуры для ЭЭГ исследований. – www.dx-telemedicine.com.

Поступила в редакцию 11.11.2010