

БЛОК ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ТАКТИЛЬНЫМИ СТИМУЛИРУЮЩИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ФОНОВОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОННОЙ СИСТЕМЫ ИСПЫТУЕМОГО

И.В. Щербань, К.В. Вдовюк, А.В. Вдовюк

Изучение вопросов деятельности нейронных систем осуществляется в экспериментах на животных посредством использования специализированных программно-аппаратных комплексов. При этом целенаправленная регуляция функционального состояния животного реализуется на основе частотно-фазовой привязки ритма внешней стимуляции к ритму электроэнцефалограммы животного. На основе современной цифровой электронной базы с реализацией проблемно-ориентированной системы реального времени выполнен блок обработки информации и управления тактильными стимулирующими воздействиями, обеспечивающий требуемую функциональность лабораторного комплекса и одновременно снижающий его общую стоимость.

Ключевые слова: фокальная электроэнцефалограмма животного, стимулирующие воздействия, микроконтроллер, биморф.

Несмотря на актуальность вопросов, связанных с выяснением принципов организации нейронных систем, ответственных за билатеральное тактильное восприятие, а также способов кодирования пространственных параметров тактильных стимулов, исследованы они лишь в первом приближении. Изучение подобных вопросов осуществляется на животных с использованием специализированных программно-аппаратных комплексов.

Целенаправленная регуляция функционального состояния нейронных систем мозга животных с выработкой реакции длительной посттетанической потенциации или же, наоборот, депрессии возможна в программно-управляемых экспериментах с частотно-фазовой привязкой ритма внешней стимуляции к ритму электроэнцефалограммы (ЭЭГ) животного, в частности, к определенным фазам тета-ритма [1]. В настоящее время в НИИ "Нейрокибернетики" Южного федерального университета для сбора и обработки информации о нейронной активности животного используется программно-аппаратный комплекс, изображенный на рисунке 1.

Опыты выполняются на белых беспородных крысах, обездвиженных и переведенных на искусственное дыхание. Голова крысы фиксируется с помощью игольчатых головодержателей. Фокальная ЭЭГ регистрируется одиночными стеклянными микроэлектродами.

После предварительного формирования на усилителе биологических сигналов измеренная информация посредством аналого-цифрового преобразователя на ISA-шине

вводится в персональный компьютер на базе микропроцессора Pentium 2. На основе обработки этой информации формируются управляющие сигналы, преобразуемые балочным биморфным пьезоэлементом [2] в стимулирующие тактильные воздействия. Механический исполнительный элемент представляет собой щуп, приклеенный к свободному концу пьезокерамической пластины биморфа, конец которого отклоняется в диапазоне амплитуд от 1,5 до 90 мкм. В качестве воздействующего механического стимула используется сгибание центральной вибриссы крысы с держанием ее в отклоненном положении в течение 0,1-1,0 с. Фактически, вся функциональная часть данного комплекса реализована на ПЭВМ под управлением операционной системы (ОС) MS-DOS. Соответственно, помимо морального устаревания самого вычислителя, в данном комплексе отсутствует возможность использования современного программного обеспечения (ПО), что обуславливает низкие функциональные возможности по документированию, обработке и отображению информации, по использованию статистических методов апостериорного оценивания информации и идентификации моделей жизнедеятельности животных.

Использование в эксперименте ПО под ОС Windows невозможно вследствие многозадачности этой системы, где процессор может переключаться планировщиком с исполнения одной программы на другую буквально между любыми инструкциями кода, что приводит к потере информации, задержкам управляющих воздействий и, соответственно,

БЛОК ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ТАКТИЛЬНЫМИ СТИМУЛИРУЮЩИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ФОНОВОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОННОЙ СИСТЕМЫ ИСПЫТУЕМОГО

нарушению логики эксперимента. С целью преодоления указанных ограничений, обеспечения требуемой функциональности комплекса при одновременном снижении его стоимости, анализирующая и управляющая части объединены в отдельный блок обра-

ботки информации и управления тактильными стимулирующими воздействиями (БОиУ). Структурная схема, комплекса использующего данный блок, показана на рисунке 2, а самого БОиУ — на рисунке 3.

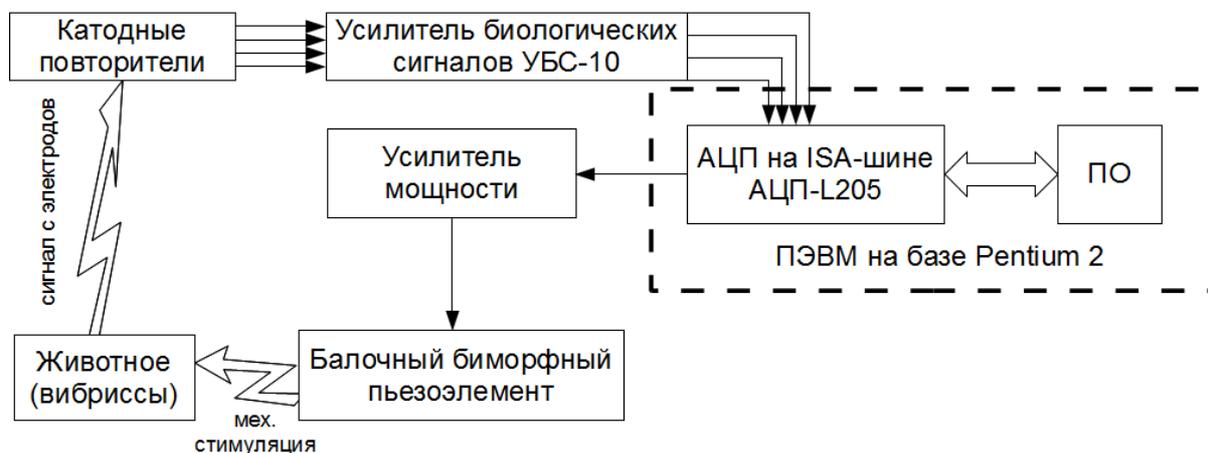


Рисунок 1 – Структурная схема программно-аппаратного комплекса.

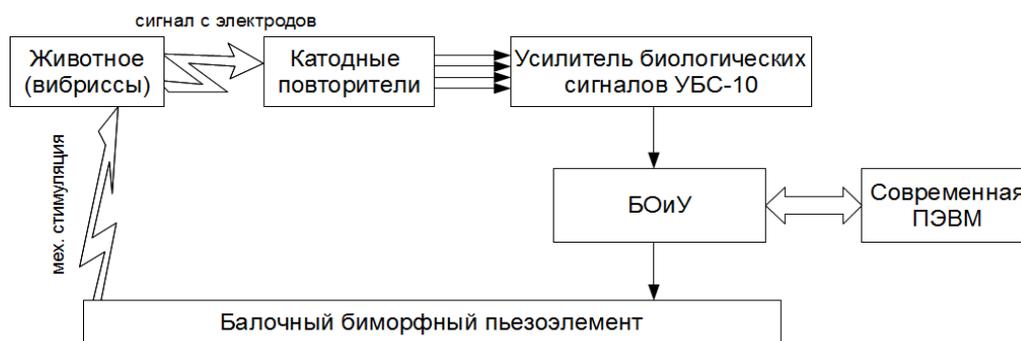


Рисунок 2 – Структурная схема комплекса, использующего БОиУ

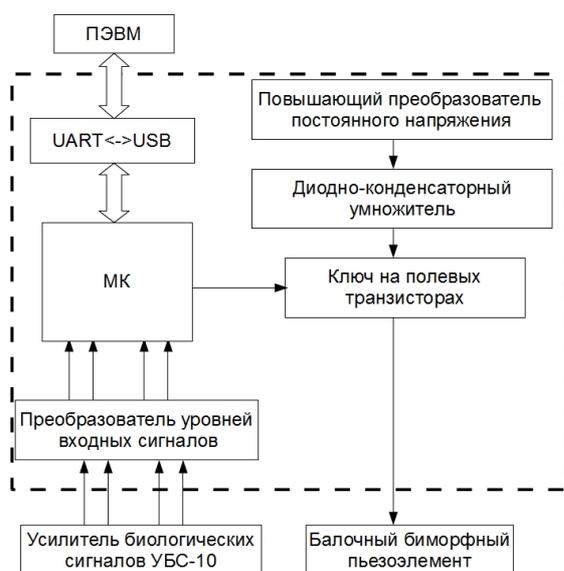


Рисунок 3 – Структурная схема БОиУ

БОиУ построен на основе современной цифровой электронной базы с реализацией проблемно-ориентированной системы реального времени и исключает ПЭВМ из замкнутого контура эксперимента. ПЭВМ в данном случае используется лишь для документирования требуемой информации и ее апостериорной статистической обработки. Таким образом обеспечивается возможность использования современных ОС и соответствующего программного обеспечения, что позволяет расширить возможности комплекса по диагностике и прогнозированию состояния животного на основе современных математических методов оптимального оценивания и идентификации. Прямое сопряжение БОиУ с ПЭВМ обеспечивает максимально необходимую частоту проведения измерений с автоматической регистрацией измеренной информации и сохранением ее в электронных файлах.

РАЗДЕЛ IV. ИЗМЕРЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ, НАУКАХ О ЧЕЛОВЕКЕ И ОБЩЕСТВЕ

Реализация подобного блока возможна на основе использования цифровых сигнальных процессоров, программируемых логических интегральных схем, или микроконтроллеров (МК) [3].

Так как для оценки состояния животного в данном эксперименте используются ритмы его электроэнцефалограммы, колебания потенциалов которого находятся в диапазоне частот от 1 до 30 Гц, то существует возможность обеспечения требуемого быстродействия подобного блока при реализации его на современном МК.

Экономически выгодным и целесообразным в данном случае был выбор 8-ми разрядного МК RISK-архитектуры ATmega32 фирмы Atmel [4].

В МК осуществляется цифровая обработка входной информации, по результатам которой формируются сигналы, модулирующие опорное высокое напряжение с целью управления отклонением пьезокерамической пластины биморфа. Также микроконтроллер задает временные интервалы, необходимые при проведении эксперимента, формирует и передает в ПЭВМ пакеты данных, используемые для последующей обработки и статистической оценки, выполняет другие дополнительные функции.

Разработанный блок обеспечивает:

- одновременное преобразование и масштабирование шести входных аналоговых двуполярных сигналов $\pm 5В$ в униполярные сигналы диапазона от 0 до +5В;
- оцифровку преобразованных сигналов;
- цифровую фильтрацию информации в одном или двух выбранных каналах;
- оценку мгновенной амплитуды выделенного ритма и его фазы; оценку фазовой задержки между двумя каналами;
- формирование и выдачу управляющих сигналов на пьезокерамический биморф;
- выдачу в ПЭВМ информации, требуемой для последующей апостериорной статистической обработки.

Вывод. Использование разработанного БОиУ в составе программно-аппаратного комплекса исследования нейронной активности животного позволило исключить ПЭВМ из замкнутого контура эксперимента. Блок построен на основе современной цифровой электронной базы с реализацией проблемно-

ориентированной системы реального времени и обеспечивает обработку информации с ЭЭГ и формирование ответных сигналов, управляющих стимулирующими тактильными воздействиями.

В схеме БОиУ заложена и многофункциональность – он также позволяет реализовать прямую стимуляцию мозга животного электрическими импульсами, или иную сенсорную стимуляцию (звуковую, магнитную и т.п.). За счет его использования расширены возможности лабораторного комплекса в целом по документированию, обработке и представлению информации, по диагностике и прогнозированию состояния животного на основе современных математических методов оптимального оценивания и идентификации. Прямое сопряжение БОиУ с ПЭВМ обеспечивает максимально необходимую частоту проведения измерений с автоматической регистрацией измеренной информации и сохранением ее в электронных файлах.

Использование современной цифровой техники позволило снизить стоимость лабораторного комплекса, его энергопотребление, значительно повысить точность и надежность проведения экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухов А.Г., Бездудная Т.Г., Медведев Д.С. Особенности посттетанической модификации синаптической передачи в таламокортикальном входе соматосенсорной коры крыс // Журнал Высшей нервной деятельности, 2003, Т. 53, № 5. С. 622-632.
2. Казаков В.К., Климашин В.М. Биморфные пьезокерамические элементы // ПЬЕЗОТЕХНИКА-2002. Материалы Международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы пьезоэлектрического приборостроения». М.: МИРЭА, 2002. С. 226-232
3. Айфичер, Эммануил С., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. М.: Вильямс, 2004. 992 с.
4. Ревич Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 384 с.

И.В. Щербань, д.т.н., доцент, профессор кафедры информационных и измерительных технологий факультета высоких технологий (ФВТ) Южного федерального университета (ЮФУ), +7-908-514-38-21, shcheri@mail.ru – ФВТ ЮФУ; К.В. Вдовюк, аспирант, +79515267846, nymitr@gmail.com – ФВТ ЮФУ; А.В. Вдовюк, студент, +79185527799, vdovjuk.av@gmail.com – ФВТ ЮФУ.