

международных аннотированных баз данных, но лишенной их недостатков.

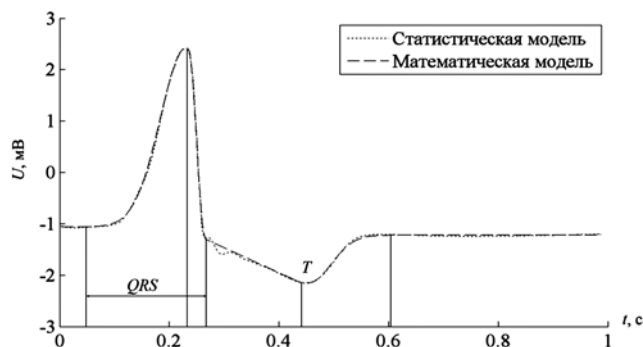


Рис. 3. Сегментирование опорной структуры модели ЭКГ-сигнала при желудочковой экстрасистолии

Использование построенных моделей для генерации тестовых последовательностей позволило разработать программный имитатор ЭКГ-сигнала, подобный описанному в [5], но с более широкими возможностями. Такой имитатор может не только воспроизводить тестовые сигналы стандартизированной формы, такие как гармонический, пилообразный или трапециевидный, но также сигналы, синтезированные по математическим моделям. Его можно использовать при проверке работоспособности электрокардиографических каналов медицинских устройств. В отличие от методов верификации и тестирования с использованием аннотированных баз данных, предлагаемый имитатор позволяет воспроизводить последовательности, определенные моделью конкретной формы сигнала для экспресс-диагностики ЭКГ-приборов, что позволяет быстро и качественно оценить работоспособность исследуемого прибора, не прибегая к длительному тестированию.

Для формирования моделей тестовых последовательностей не только ЭКГ, но и других информативных ЭФС необходимо расширить базу знаний имитатора, применив для этого разра-

ботанную авторами статьи базу данных моделей тестовых последовательностей исследуемых сигналов. Это позволит использовать разработанный имитатор для тестирования и оценки работоспособности медицинских приборов регистрации и анализа параметров электрофизиологических сигналов, а также для нужд учебного процесса при обучении медицинским и медико-техническим специальностям.

Список литературы:

1. Костенков С.Ю., Сидорова М.А. Особенности математических моделей электрофизиологических сигналов // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2013. № 3. С. 19-25.
2. ГОСТ Р 50267.47-2004 (МЭК 60601-2-47-2001) Изделия медицинские электрические. Часть 2. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к амбулаторным электрокардиографическим системам.
3. ГОСТ 16465-70 Сигналы радиотехнические измерительные. Термины и определения.
4. Стругинский А.В. Электрокардиограмма: анализ и интерпретация. – М.: МЕДпресс-информ, 2002. 46 с.
5. Костенков С.Ю., Сидорова М.А. Особенности разработки программного имитатора электрофизиологических сигналов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2013. № 10 (14). С. 210-214.

Сергей Юрьевич Костенков,

аспирант,

Маргарита Александровна Сидорова,

канд. техн. наук, доцент,

кафедра «Информационные технологии и менеджмент

в медицинских и биотехнических системах»,

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный

технологический университет»,

г. Пенза,

e-mail: panthfinder@mail.ru

А.Ю. ТЫЧКОВ

Разработка и исследование виртуального энцефалографа

Аннотация

Разработана схема виртуального прибора регистрации энцефалографических сигналов в среде графического программирования LabView. Реализован виртуальный прибор для детектирования колебаний альфа-, бета- и тета-ритмов и определения их параметров. Усовершенствован виртуальный прибор регистрации электроэнцефалографических сигналов путем ввода новых элементов схемы, задающих состояние пациента.

Введение

В настоящее время для диагностики патологических состояний вегетативной нервной системы пациента: эпилептических припадков, обмороков, нарушений сна, головной боли, неврологических расстройств, черепно-мозговых травм, психических расстройств, инсультов, задержки психического и психомоторного развития и т. д. – широко применяются устройства регистрации сигналов головного мозга [1]. Для точного диагностирования перечисленных патологий используется энцефалографическое обследование, по результатам которого регистрируется сложноструктурированный биоэлектрический сигнал, формируемый изменениями биопотенциалов головного мозга [2].

Основными характеристиками энцефалографических сигналов (ЭЭС) являются [2]:

- низкая амплитуда информативного сигнала – 50...150 мкВ;
- амплитуда сетевой помехи (50 Гц) – десятки вольт;
- выходное сопротивление источника ЭЭС – сотни килоом;
- полоса частот сигнала – 100 Гц.

При реализации устройства регистрации и обработки ЭЭС, используемого в системе подготовки медицинских кадров и в клинической практике, необходимо:

- рассмотреть существующие решения устройств регистрации ЭЭС;
- разработать и предложить устройство регистрации ЭЭС, адекватно отражающее различные состояния пациента.

Устройство медицинского назначения для проверки его работы и демонстрации его возможностей для обучения и проведения реальной оценки физиологической активности головного мозга целесообразно реализовывать в среде разработки лабораторных виртуальных приборов LabView (Laboratory

Virtual Instrument Engineering Workbench) с целью последующего его программирования на элементах микропроцессорной техники компании «National Instruments». LabView компании «National Instruments» представляет собой среду прикладного графического программирования, используемую в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа данных и последующего управления приборами и исследуемыми объектами [4].

Разработка устройства регистрации и обработки ЭЭС в среде LabView позволит создать виртуальные приборы (ВП), которые по своему функциональному назначению будут полностью реализовывать работу энцефалографической системы.

Материалы и методы

Обзор литературы [2]-[4] в области исследования и разработки ВП регистрации и обработки ЭЭС в среде LabView показал, что при разработке устройств регистрации ЭЭС, их настройке и проверке их работоспособности в качестве источника сигналов чаще всего используется коммерческое приложение DAQ Assistant. DAQ Assistant достаточно просто в использовании и не требует больших познаний в программировании. Однако высокая стоимость коммерческой версии данного приложения делает нецелесообразным применение его для разработки ВП медицинского назначения.

Для моделирования известного ВП регистрации ЭЭС [2] используются следующие основные субприборы (субВП), реализованные на элементной базе LabView:

- субВП ввода ЭЭС;
- субВП обработки ЭЭС;
- субВП визуализации результатов регистрации ЭЭС.

Функциональная схема известного ВП регистрации и обработки ЭЭС показана на рис. 1. Представленный ВП позволяет генерировать опорный сигнал от источника DAQ Assistant. Результаты работы устройства в виде спектральной характеристики ЭЭС отображаются на осциллограмме и спектрограмме.

- Недостатками известного ВП регистрации ЭЭС являются:
- использование коммерческого приложения DAQ Assistant;
 - низкая точность полученных результатов;
 - необходимость использования реального энцефалографа для сбора данных.

Другим известным решением в области проектирования ВП регистрации ЭЭС является устройство для детектирования колебаний альфа-, бета-, тета-ритма и определения амплитудных характеристик данных колебаний [3].

Для моделирования известного ВП детектирования колебаний альфа-, бета-, тета-ритма [3] используются следующие основные субВП, реализованные на элементной базе LabView:

- субВП ввода ЭЭС;
- субВП обработки и фильтрации ЭЭС;
- субВП определения амплитудных параметров ЭЭС;
- субВП визуализации результатов обработки ЭЭС.

Основным условием правильного детектирования колебаний в рассматриваемом устройстве [3] является наличие трех полосовых фильтров с нижней и верхней границами каждого 4...8 Гц (тета-ритм), 8...13 Гц (альфа-ритм), 14...30 Гц (бета-ритм). На рис. 2 показана функциональная схема известного устройства, реализованная на трех полосовых фильтрах.

Для определения амплитудных характеристик колебаний подключается, последовательно к каждому из трех полосовых фильтров, экспресс-ВП – анализатор уровня сигнала; в фильтрах выбираются подлежащие измерению параметры: среднеквадратичное значение, максимальное пиковое значение, размах сигнала и т. д. С помощью сумматоров сигналы смещаются относительно друг друга и отображаются на экране осциллографа. Параллельно осциллографу подключают экспресс-ВП спектральных измерений. На передней панели ВП устанавливаются экраны осциллографа и анализатора спектра, выводятся спектрограммы, графические и числовые индикаторы амплитудных параметров [4].

Недостатками ВП регистрации ЭЭС являются невысокая точность устройств для детектирования колебаний альфа-, бета-, тета-ритма и определения амплитудных характеристик данных колебаний, что делает невозможным определение психического и когнитивного состояния пациента.

Проведенный обзор показал, что устройств, позволяющих регистрировать ЭЭС с использованием приборов виртуальной реализации с высокой точностью и возможностью определения различных состояний пациента, в принципе не существует. Это делает актуальным разработку устройства, позволяющего с высокой точностью моделировать ЭЭС в различных условиях психологического и когнитивного состояния пациента.

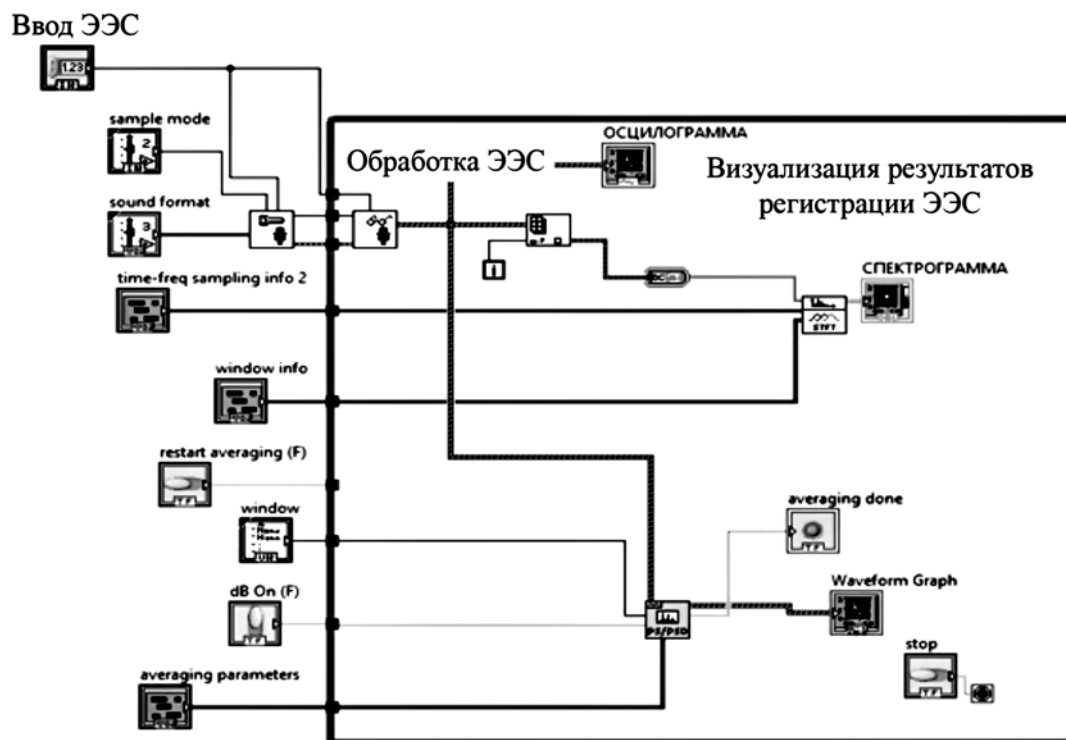


Рис. 1. Функциональная схема ВП регистрации ЭЭС

Результаты

При разработке и моделировании ВП регистрации ЭЭС используется принцип выбора психологических и когнитивных состояний пациента, позволяющий с высокой точностью получить и обработать данные с виртуального энцефалографа и спрогнозировать возможное изменение состояния пациента при медикаментозном и физиотерапевтическом воздействии. Основными состояниями пациента при регистрации ЭЭС определены следующие [5]:

- здоровый пациент, открытые глаза;
- здоровый пациент, закрытые глаза;
- эпилептический пациент, заболевающий гиппокампа́льным формированием (извили́на гиппокампа);
- эпилептический пациент, приступ;
- здоровый пациент, базовая деятельности;
- здоровый пациент, левая рука, случайные движения;
- здоровый пациент, правая рука, случайные движения;
- здоровый пациент, правая рука, движение вперед;
- здоровый пациент, левая рука, движение вперед;
- здоровый пациент, правая рука, движение назад;
- здоровый пациент, левая рука, движение назад;
- здоровый пациент, левая рука воображаемая, движение назад;
- здоровый пациент, левая рука мнимая, движение вперед;
- здоровый пациент, правая рука воображаемая, движение вперед;
- здоровый пациент, левое движение ног;
- здоровый пациент, правое движение ног;
- здоровый пациент, правая рука воображаемая, движение назад.

Для моделирования разрабатываемого ВП регистрации ЭЭС в различных состояниях пациента используются следующие основные субВП, реализованные на элементной базе LabView:

- субВП ввода ЭЭС;
 - субВП изменения состояния пациента;
 - субВП визуализации результатов обработки ЭЭС.
- Функциональная схема разрабатываемого ВП регистрации ЭЭС в различных состояниях пациента показана на *рис. 3*.

Основным источником сигнала ЭЭС в ВП является EEG waveform source, моделирующий сигнал. С помощью выпадающего списка выбираются различные состояния пациента согласно приведенной ранее классификации.

Лицевая панель разработанного ВП регистрации ЭЭС в различных состояниях пациента представлена на *рис. 4*. Лицевая панель ВП позволяет графически проиллюстрировать зарегистрированный сигнал зависимости амплитуды от времени, меню выбора состояний пациента, перечень и наименования всех регистрируемых активных электродов.

Таким образом, реализован ВП регистрации ЭЭС в среде LabView. Работа ВП основана на базе разработанных авторами алгоритмов регистрации и обработки ЭЭС [6], которые могут быть использованы в системе подготовки медицинских кадров и в клинической практике.

Разработка ВП регистрации ЭЭС в различных состояниях пациента осуществлялась при поддержке регионального центра технологий «National Instruments» кафедры «Радиотехника и радиоэлектронные системы» Пензенского государственного университета [7]. На базе данной кафедры разработанные с использованием современного оборудования и технологий ВП могут быть реализованы в виде multifunctional and вы-

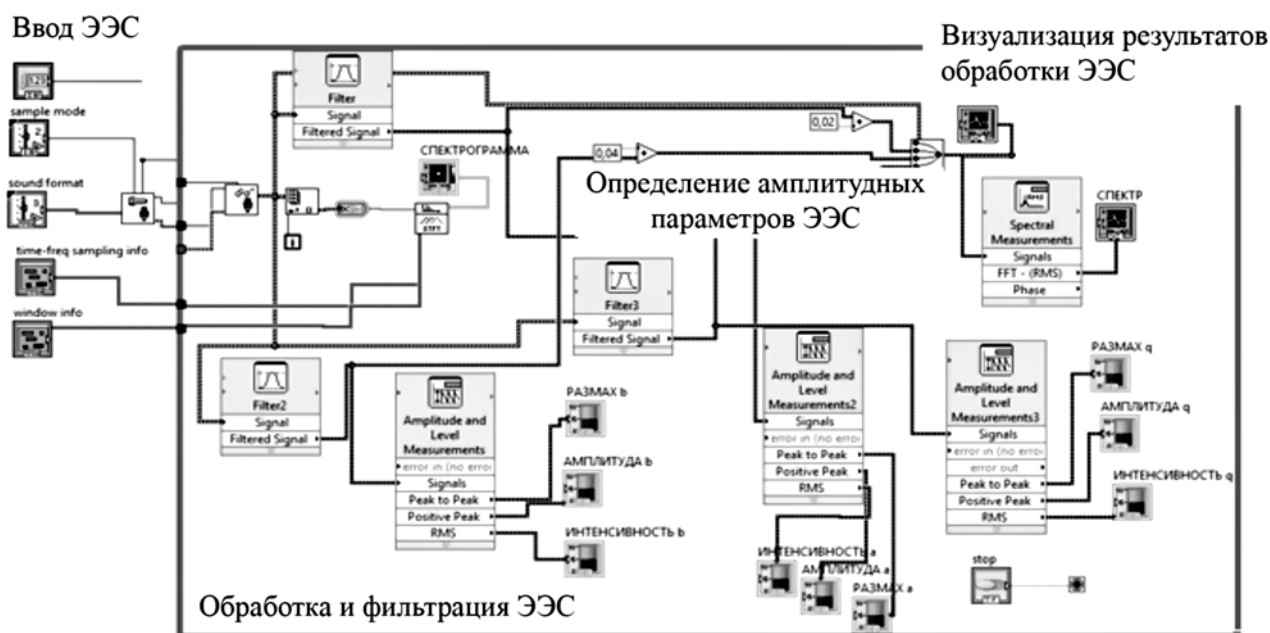


Рис. 2. Функциональная схема ВП детектирования колебаний ЭЭС

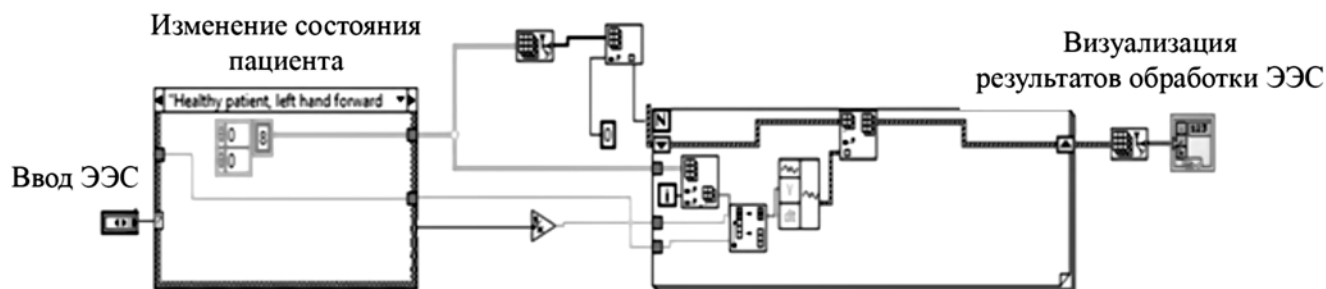


Рис. 3. Функциональная схема ВП регистрации ЭЭС в различных состояниях пациента



Рис. 4. Лицевая панель ВП регистрации ЭЭС в различных состояниях пациента

сокопроизводительной контрольно-измерительной системы с использованием модульной платформы PXI (PCI eXtensions for Instrumentation bus) и библиотек: FPGA, Sound and Vibration, LabVIEW Multicore Analysis and Sparse Matrix Toolkit, LabVIEW Digital Filter Design Toolkit, LabVIEW Mathscript RT Module и DAQ Assistant.

Заключение

Разработаны схемы ВП регистрации ЭЭС в среде графического программирования LabVIEW. Смоделирован ВП детектирования альфа-, бета- и тета-ритма и определения их амплитудных характеристик, усовершенствован ВП регистрации ЭЭС в различных состояниях пациента путем ввода новых условий работы схемы, задающих состояние пациента, связанное с его психологическим и когнитивным состоянием.

Список литературы:

1. *Зенков Л.Р.* Клиническая электроэнцефалография / 5-е издание. – М.: МЕДпресс-информ, 2012. 780 с.
2. *Севастьянов И.Г.* Получение и обработка сигналов электроэнцефалографа, реализованного в LabView. – Казань: Вестник КГЭУ, 2011. С. 91-110.

3. *Останин С.Л.* National Instruments Russia. CIS & Baltic. Labview в биомедицине. 2013. 620 с.
4. *Манило Л.А., Калиниченко А.Н.* Обработка биомедицинских сигналов с использованием программного пакета LabVIEW: методические указания к выполнению лабораторных и практических работ. – СПб.: СПбГЭТУ, 1998. 38 с.
5. *Корневский Н.А., Губанов В.В.* Автоматический анализ электрофизиологических сигналов // Медицинская техника. 1995. № 1. С. 36-39.
6. *Тычков А.Ю., Чураков П.П., Кривоногов Л.Ю.* Автоматизированная система обработки и анализа электрокардосигналов в условиях интенсивных помех различного вида // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2011. № 1. С. 117-125.
7. Официальный сайт Пензенского государственного университета / <http://www.pnzgu.ru>. (дата обращения: 02.06.2014).

*Александр Юрьевич Тычков,
канд. техн. наук, доцент,
кафедра информационно-измерительной техники,
Пензенский государственный университет,
г. Пенза,
e-mail: tychkov-a@mail.ru*

* * * * *