

УДК 616.12-073.97-71

## ИМИТАТОР ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА ДЛЯ ПОВЕРКИ ИНТЕРПРЕТИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФОВ

© Федотов А.А.

e-mail: fedoaleks@yandex.ru

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Регистрация и обработка электрокардиосигнала (ЭКС) находит широкое применение в различных системах медицинской диагностики. Активное развитие в последнее время систем функциональной диагностики на основе методов электрокардиографии и анализа параметров сердечного ритма обуславливает необходимость точного измерения амплитудно-временных параметров ЭКС различной морфологии в условиях влияния разнообразных искажающих факторов [1, 2].

Медицинские приборы, такие как электрокардиографы, холтеровские мониторы, кардиомониторы относятся к средствам измерения медицинского назначения, поэтому при их разработке, производстве и дальнейшей эксплуатации необходимо проводить контроль и периодическую метрологическую поверку с использованием рабочих эталонов – генераторов сигналов специальной формы, которые имитируют сигналы биоэлектрической активности сердца [3, 4]. Существующие в настоящее время системы поверки электрокардиографической техники формируют лишь эталонные тестовые сигналы стандартной формы, обеспечивающие базовую проверку метрологических характеристик в соответствии с принятыми стандартами.

Регистрация ЭКС в клинических условиях сопровождается влиянием множества инструментальных и методических факторов, что приводит к возникновению погрешностей в определении количественных характеристик биосигнала и к снижению эффективности проводимой диагностики. Актуальным направлением развития систем поверки инструментальных средств электрофизиологических измерений является создание аппаратно-программных комплексов имитации биосигналов, учитывающих как естественную, так и патологическую изменчивость формы сигнала, наличие определённых физиологических феноменов, а также присутствие различных шумов и помех.

Для аппаратной реализации предложенного подхода к поверке электрокардиографических средств измерения на основе формирования модельного биосигнала была разработана структурная схема имитатора ЭКС, блок-схема которой приведена на рисунке: 1 – персональный компьютер (ПК); 2 – микросхема интерфейса USB с гальванической развязкой; 3 – микроконтроллер (МК); 4 – постоянное запоминающее устройство (ПЗУ); 5 – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); 6 – активный фильтр нижних частот; 7 – программно управляемый аттенюатор; 8 – аналоговый мультиплексор; 9 – поверочное коммутационное устройство (ПКУ).

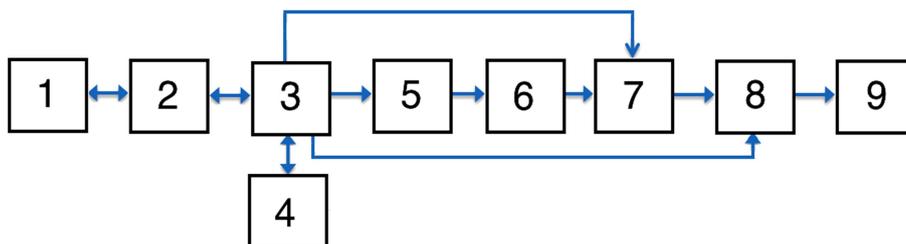


Рис. Структурная схема имитатора ЭКС

Центральным элементом имитатора является МК, выполняющий функции обмена данными с ПК посредством интерфейса USB; считывания имитационных сигналов из ПЗУ; передачи данных в выходной каскад; управления аттенуатором и мультиплексором.

Выходной каскад имитатора состоит из 16-битного прецизионного ЦАП; активного фильтра Бесселя нижних частот второго порядка, реализованного по топологии Саллена-Кея и предназначенного для сглаживания эффектов квантования в выходном сигнале ЦАП; аттенуатора, в состав которого входит 8-битный цифровой потенциометр для реализации программного управления коэффициентом передачи; многоканальный аналоговый мультиплексор для обеспечения поверки стандартных 12-канальных клинических систем регистрации ЭКС; а также ПКУ. ПКУ необходимо для имитации переходных сопротивлений, возникающих на границе раздела “электрод-кожа”, и представляет собой параллельное соединение резистивно-емкостных пассивных элементов [3].

Имитатор ЭКС выполнен программируемым с возможностью загрузки сгенерированных на ПК модельных ЭКС в виде цифровых файлов, передаваемых по интерфейсу USB; которые далее в аналоговом виде воспроизводятся на выходе имитатора с заданными амплитудными и временными характеристиками. Программная регулировка коэффициента передачи аттенуатора обеспечивает возможность формирования тестовых сигналов в широком динамическом диапазоне изменения амплитуды с высокой точностью.

Имитатор ЭКС имеет автономный источник питания на литий-ионном аккумуляторе высокой ёмкости с возможностью зарядки от ПК. Имплементированное программное обеспечение имитатора обеспечивает формирование на выходных клеммах устройства как имитационных ЭКС, так и тестовых сигналов стандартной формы (гармонические сигналы, меандр, одиночный прямоугольный импульс), оговорённых соответствующими регламентами по метрологической поверке электрокардиографической аппаратуры [3, 4]. Управление режимами работы устройства, выбор тестового сигнала и настройка параметров осуществляется оператором ПК.

### Библиографический список

1. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход [Текст] / Р. М. Рангайян. – М.: Физматлит, 2007. – 440 с.
2. Федотов, А.А. Математическое моделирование и анализ погрешностей измерительных преобразователей биомедицинских сигналов. [Текст] / А.А. Федотов, С.А. Акулов – М.: Физматлит, 2013. – 280 с.
3. Государственная система обеспечения единства измерений. Электрокардиографы, электрокардиоскопы и электрокардиоанализаторы. Методика поверки – М.: Ростехрегулирование, 2011. – 32 с.
4. Приборы для измерения биоэлектрических потенциалов сердца. Общие технические требования и методы испытаний. ГОСТ 19687–94. – М.: Издательство стандартов. – 1994. –19 с.