

*Д. Ю. Кетов<sup>1</sup>, А. И. Нефедьев<sup>2</sup>*

**ПРИМЕНЕНИЕ DDS-ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ МОНИТОРИНГА  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФА**

<sup>1</sup> Волгоградский государственный медицинский университет

<sup>2</sup> Волгоградский государственный технический университет

e-mail: ya\_st@bk.ru<sup>1</sup>, nefediev@rambler.ru<sup>2</sup>

При эксплуатации электроэнцефалографов часто возникает проблема контроля технического состояния оборудования без его отрыва от процесса эксплуатации. Новизна подхода заключается в применении функционального генератора в составе распределенной измерительной системы. Для контроля технического состояния электроэнцефалографа была разработана распределенная автоматизированная измерительная система на основе функционального DDS-генератора, позволяющая сформировать специализированные сигналы различной формы и длительности, сформулированы требования к распределенной измерительной системе. Разработанный функциональный DDS-генератор сигналов произвольной формы может применяться для оценки качества и надежности функционирования медицинских приборов и систем с требуемой периодичностью, и с гибким графиком технического обслуживания, а также для моделирования тестовых последовательностей испытательных сигналов.

*Ключевые слова:* электроэнцефалограф, блок-схема, автоматизированная система тестирования, инструментальный контроль, поверка.

*D. Yu. Ketov<sup>1</sup>, A. I. Nefed'ev<sup>2</sup>*

### APPLICATION OF DDS-GENERATOR FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTROENCEPHALOGRAPH

<sup>1</sup> Volgograd State Medical University

<sup>2</sup> Volgograd State Technical University

During the operation of electroencephalographs, the problem of monitoring the technical condition of the equipment without interrupting it from the operation process often arises. To control the technical state of the electroencephalograph, a distributed automated measuring system based on a functional DDS-generator was developed, which allows the formation of specialized signals of various shapes and durations, requirements for a distributed measuring system were formulated. The developed functional DDS-arbitrary waveform generator can be used to assess the quality and reliability of the operation of medical devices and systems with the required frequency, and with a flexible maintenance schedule, as well as to simulate test sequences of test signals.

*Keywords:* electroencephalograph, block diagram, automated test system, instrumental control, verification.

Измерения играют важную роль в медицине при изучении свойств биологического объекта. Например, при оценке закономерностей, протекающих в электроэнцефалографии в нормальном состоянии и при различных видах патологии, в целях профилактики, диагностики и лечения различных заболеваний используют специальное измерительное оборудование. От точности аппаратных средств этого оборудования во многом зависит достоверность получаемых результатов, а также правильность постановки диагнозов и лечения заболеваний.

Каждое медицинское оборудование должно быть проверено на точность и надежность функционирования. При этом наибольший эффект достигается за счет применения средств автоматизации данного процесса, что приводит к уменьшению затрат времени на испытания оборудования [1].

Для проверки медицинских приборов используются генераторы сигналов специальной формы (как стандартные, так и специализированные). Для проверки измерительных приборов в медицине с целью контроля технического состояния приборов, аппаратов и систем наиболее часто применяются различные функциональные генераторы, например ГФ-05, Диатест-04 и генераторы сигналов специальной формы Г6-39, Г6-40. Они воспроизводят испытательные сигналы требуемой формы, частоты и значения напряжения, записанные на постоянных запоминающих устройствах. Рассмотрим основные достоинства и недостатки данных функциональных генераторов [2, 3].

Генератор функциональный ГФ-05, предназначенный для исследования, настройки, испытаний, проверки систем и приборов (используемых в радиоэлектронике, автоматике, приборостроении, биофизике, медицине в области инфранизких и низких частот), позволяет вы-

ставлять временные и амплитудные параметры выходного сигнала независимо друг от друга, а в ПЗУ генератора Диатест-04 записаны только сигналы из общих методик проверки кардиографов, нейрмиографов, электроэнцефалографов, реографов и кардиомониторов без возможности их изменения [3]. При этом каналы некоторых медицинских приборов по их индивидуальным методикам проверки проверяются при других параметрах сигналов, чем указанные в общих методиках проверки (аппарат Рео-Спектр-01, для которого сигналы в его методике проверки не полностью совпадают с сигналами от функционального генератора Диатест-04) [4].

Канал ЧСС прикроватных мониторов «Тритон» проверяется импульсами прямоугольной формы с амплитудой 1 мВ при нестандартных частоте и длительности (в функциональном генераторе Диатест-04 эта возможность отсутствует).

Электроэнцефалограф «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» также не может быть поверен при помощи функционального генератора Диатест-04, поскольку этот функциональный генератор подключить напрямую к электроэнцефалографу невозможно. В его методике проверки описана возможность проверки с помощью входящего в комплект СИ специализированного коммутационного устройства с выходным разъемом, который непосредственно подключается к электроэнцефалографу вместо электродного кабеля отведений. Причем для корректной работы коммутационного устройства от функционального генератора ГФ-05 нужно выходное напряжение амплитудой несколько милливольт, а генератор Диатест-04 не позволяет выдавать ЭЭГ-сигнал такого уровня.

При контроле технического состояния системы суточного мониторинга электрокардиограммы «Поли-Спектр-СМ» пользуются

стандартным функциональным генератором ГФ-05 со стандартными ПЗУ и стандартными приставками. Но набор сигналов генератора ГФ-05 является нестандартным для системы «Поли-Спектр-СМ» из-за того, что частоты и амплитуды не соответствуют требуемым при проведении поверки (в функциональном генераторе Диатест-04 также отсутствует возможность установки соответствующих частот и амплитуд тестового сигнала).

Упомянутые выше генераторы (стандартные и специализированные) в основном применяются в качестве поверочных средств. В то же время они не могут быть использованы для целей демонстрации или контроля работы медицинских приборов или систем, обучения и повышения квалификации специалистов и персонала, а также моделирования сложных тестовых последовательностей сигналов.

Отсутствие функциональных генераторов сигналов с возможностью формировать сигналы сложной формы с необходимыми для заказчиков параметрами стало причиной создания специализированных поверочных средств [5, 6].

Применяемые в настоящее время функциональные генераторы по структуре представляют собой аппаратно реализованные устройства, которые позволяют решать узкоспециализиро-

ванные задачи, не требующие больших затрат времени. Программно реализованные системы эффективны при создании моделей тестовых последовательностей сигналов, применяемых при оценке качества работы алгоритмов. Однако если учесть, что все современные медицинские измерительные системы построены на базе ЭВМ. Это дает возможность строить испытательные системы, которые объединяют возможности аппаратных и программных средств.

Таким образом, необходима разработка испытательных систем, позволяющих обеспечить автоматизацию испытаний приборов, автоматизацию процессов поверки приборов, обработки и анализа выходной информации медицинских средств измерений.

Для разработки и построения испытательного стенда была применена концепция прямого цифрового синтеза сигнала. Сигнал записывается в память в цифровом виде, и далее через цифро-аналоговый преобразователь воспроизводится в аналоговом виде. Благодаря этому форма сигнала может быть любой, не ограничиваясь только синусоидальной или прямоугольной формой.

Структурная схема функционального генератора сигналов произвольной формы (*DDS-генератора*) показана на рис. 1.

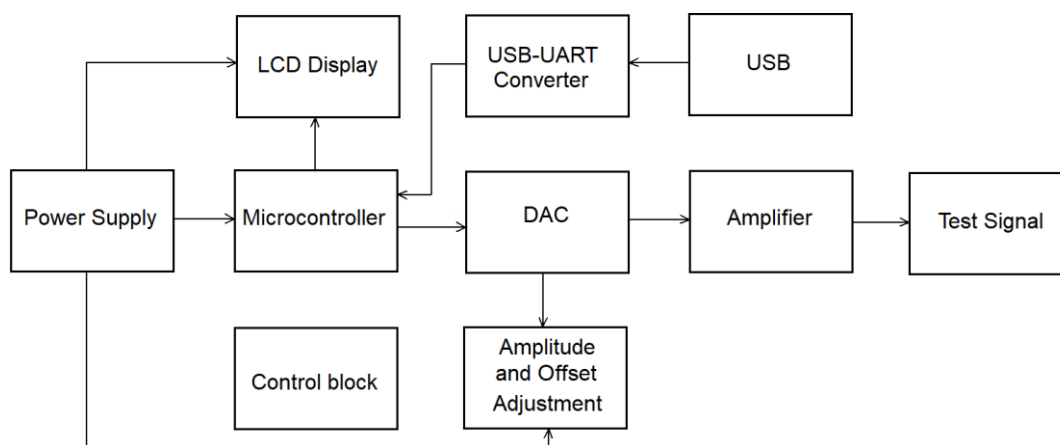


Рис. 1. Структурная схема функционального DDS-генератора сигналов произвольной формы

Основными частями данной структурной схемы являются блок управления, микроконтроллер фирмы *Atmel*, *LCD*-дисплей, преобразователь интерфейсов *USB-UART*, *USB* коннектор и поверочное коммутационное устройство, цифро-аналоговый преобразователь, усилитель и стабилизированный источник питания.

Цифро-аналоговый преобразователь позволяет формировать выборку, поступающую из

ЭВМ, а усилитель, работающий в режиме вычитания, представит возможность смещения выборки в отрицательные значения, что позволит сформировать выходной сигнал как в монополярной форме, так и в биполярной форме. Цифро-аналоговый преобразователь построен на основе резистивной матрицы типа *R-2R*.

В результате проведенных исследований был создан рабочий прототип (макет) функ-

ционального *DDS*-генератора сигналов произвольной формы и интерфейсная программа для персонального компьютера.

На рис. 2 представлена форма тестового сигнала, созданная с помощью массива данных

с использованием ранее разработанной модели тестового сигнала. Изменяя частоту, временные параметры и амплитуду сигнала можно получить разные виды сигналов.

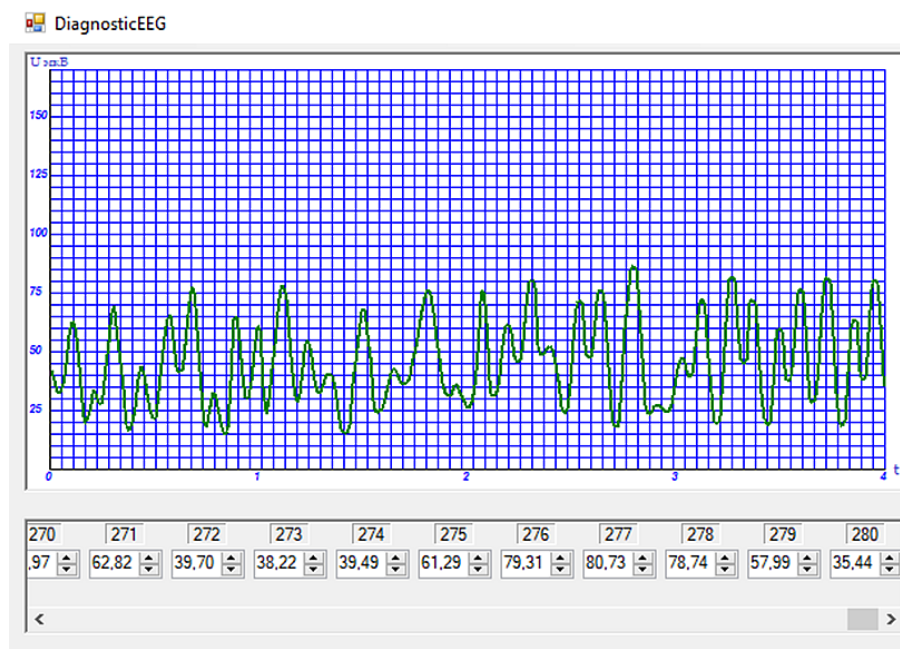


Рис. 2. Окно с отображением этапа расчета значений статистических характеристик сформированного ЭЭГ-сигнала

При введении значений реперных точек сигнала в активированной нами ранее области, происходит отображение формы создаваемого диагностического ЭЭГ-сигнала.

После формирования ЭЭГ-сигнала идет сле-

дующая стадия – расчет значений статистических характеристик сформированного сигнала.

На рис. 3 представлен рабочий макет функционального *DDS*-генератора сигналов произвольной формы.



Рис. 3. Макет функционального *DDS*-генератора сигналов произвольной формы

Разработанный функциональный *DDS*-генератор сигналов произвольной формы дает возможность изменять в широких пределах частоту и амплитуду сигнала, считываемого из ПЗУ, задавать с компьютера любую нестандартную форму сигналов, отличающиеся от сигналов, встроенных в приборы, а также использовать различные коммутационные устройства и т. д.

Разработанный функциональный *DDS*-генератор сигналов произвольной формы может применяться для оценки качества и надежности функционирования медицинских приборов и систем, для моделирования тестовых последовательностей испытательных сигналов, для проверки качества работы алгоритмов функционирования приборов, для демонстрации работы приборов, а также для обучения медперсонала и повышения квалификации специалистов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Условия проведения испытаний на безотказность и статистические критерии и методы оценки их результатов. ГОСТ Р 27.607-2013. – М., 2015. – 46 с.
2. Контроль технического состояния и функционирования медицинских изделий. ГОСТ Р 56606-2015. – М., 2016. – 11 с.
3. *Гуревич, М. Л.* Генератор Функциональный ГФ-05 / Ю. А. Гагарин, Р. А. Нижаметдинов. – М.: Министерство здравоохранения, 1988. – 77 с.
4. Генератор функциональный Диатест-4. Руководство по эксплуатации ВКФУ.468789.109РЭ. – М. – 2008. – 69 с.
5. *Кетов, Д. Ю.* Автоматизированный сетевой стенд для оперативных испытаний энцефалографа / Д. Ю. Кетов, Ю. П. Муха // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 11 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – Вып. 12. – С. 84–88.
6. *Кетов, Д. Ю.* Распределенная система для контроля технического состояния электроэнцефалографа на основе функционального генератора / Д. Ю. Кетов, А. И. Нефедьев // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2021. – № 2. – С. 15–18.