

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ИМИТАТОРОВ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ

Пензенский государственный университет

В настоящее время холтеровское мониторирование (ХМ) является наиболее перспективным методом обследования больных с нарушениями сердечного ритма и проводимости. Надежность функционирования медицинских приборов и систем, реализующих холтеровское мониторирование, обеспечивается применением технических средств для их своевременного тестирования и поверки, так как от эффективности и метрологических характеристик подобной техники во многом зависит качество постановки диагноза пациенту специалистом-кардиологом. Для выполнения задач тестирования обычно применяются стандартные и специализированные устройства, называемые генераторами или имитаторами биоэлектрических сигналов (БЭС). Стандартные генераторы БЭС, серийно выпускаемые современной промышленностью (например, ГФ-06), из-за несовершенства своей конструкции воспроизводят ограниченный набор последовательностей БЭС и форм биоэлектрических импульсов. Применяемые для тестирования кардиомониторов имитаторы, как правило, решают узкоспециализированные задачи, отражающие потребности того или иного заказчика, а воспроизводимые ими сигналы не являются стандартными. Авторы статьи предлагают свой подход к разработке и проектированию подобной техники. Основное внимание уделялось формированию тестовых последовательностей БЭС различных уровней глубины тестирования, а именно, созданию имитационных моделей реальных БЭС посредством их последовательной математической и статистической обработки.

Диагностические приборы оценивают БЭС с помощью измерения их наиболее информативных параметров. Например, для ЭКГ - это амплитуда импульса QRS, его форма и длительность, а также длительность межимпульсных интервалов. Полученные характеристики сравниваются с определенными пороговыми уровнями. Для оценки работоспособности тестируемого прибора необходимо подавать на его вход сигнал с заранее известными параметрами. Поэтому целесообразно вместо реального, не верифицированного БЭС, на вход диагностического прибора подавать тестовый сигнал, представляющий собой имитационную модель реального сигнала, а затем уже производить оценку эффективности распознавания поверяемым кардиомонитором входной тестовой последовательности.

Разработанные авторами имитационные модели БЭС представляют собой статистически обоснованные математические модели реальных сигналов и стандартизованные (ГОСТ 16465-70) аналитические выражения, с помощью которых они создаются. Авторами предлагаются следующие основные виды форм тестирующих импульсов: трапецеидальная, прямоугольная, экспоненциальная, пилообразная, треугольная, колоколообразная, косинускватратная. Разработанные по представленным видам формы импульсов модели БЭС соответствуют общепринятым стандартам и могут воспроизводиться специализированными генераторами и имитаторами.

Для тестирования диагностических приборов и систем целесообразным является создание базы математических моделей, имитирующих реальные БЭС. Авторы предлагают использовать следующие уровни, реализующие разную степень глубины тестирования кардиомониторов: имитация ритма ЭКГ, имитация формы импульсов (Р, QRS и Т), имитация ритма и формы ЭКГ. Первые два варианта используются для экспресс-диагностики, когда необходимо оценить только исправность или неработоспособность прибора. Для этого были созданы модели тестовых последовательностей формы и ритма сигнала. В этом случае формирование тестовых последовательностей осуществляется с помощью статистической обработки реальных БЭС и их последующего математического моделирования с помощью стандартных аналитических функций, при этом тестовая последовательность форм импульсов сигнала состоит из определенного числа повторяющихся импульсов одинаковой формы с любым периодом повторений. Третий уровень тестирования включает в себя создание тестовых последовательностей реальных сигналов, моделируемых без учета аналитических выражений (по оцифрованным координатам) и используется для наиболее полной оценки работоспособности тестируемого прибора. В данном случае в широких диапазонах изменяются как форма, так и длительность импульсов БЭС. По результатам проведенных исследований и на основании изложенных данных авторами разработан новый многофункциональный имитатор БЭС, имеющий аппаратно-программное исполнение и гибкую, перенастраиваемую структуру, который может применяться для тестирования приборов и систем холтеровского мониторинга. На базе теоретических и экспериментальных исследований авторов, представленных в их диссертационных работах, создана и апробирована методика проведения поэтапной оценки работоспособности кардиомониторов, включающая использование для сравнительной характеристики наиболее эффективных алгоритмов анализа ЭКГ, определение адекватных моделей форм импульсов и выбор оптимальных критериев статистической обработки результатов тестирования.