

Л. С. Васильченко – студент кафедры медицинской радиоэлектроники

К. В. Зайченко (д-р техн. наук, проф.) – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКГ-СИГНАЛА СО СВЕРХВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ

В настоящее время основными тенденциями в электрокардиографии являются понижение минимальных значений амплитуды и увеличение верхних пределов значений частотного диапазона для записи и обработки ЭКГ-сигналов. Другими словами, расширение диапазонов записываемых электрокардиограмм. Эти тенденции в развитии электрокардиографии отражены в диаграмме, показанной на рисунке 1. На рисунке показана последовательность методов электрокардиографии (в хронологическом порядке их использования на практике): классическая ЭКГ, расширенная электрокардиография (LS ECG) [1]; электрокардиография высокого разрешения (HR ECG) [2]; высокочастотная кардиография (HF ECG) [3]; электрокардиография сверхвысокого разрешения (UHR ECG) [4].

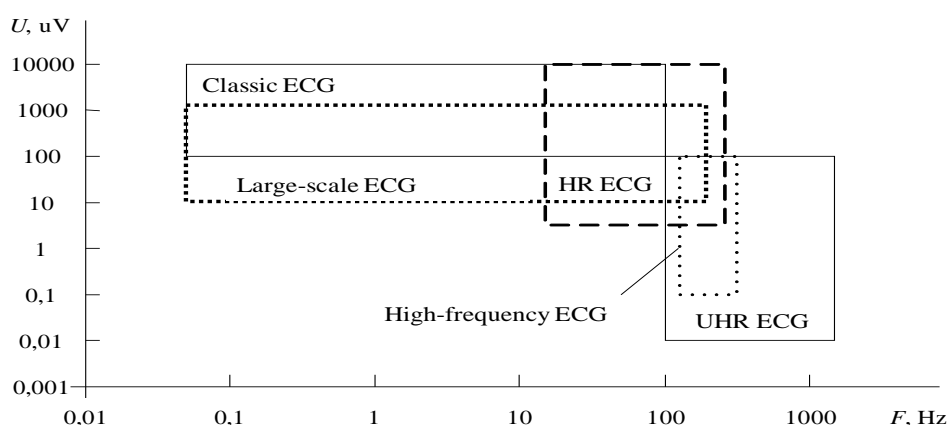


Рис. 1. Сравнение современных методов ЭКГ

Площади прямоугольников на графике соответствуют методам ЭКГ. Ось X – частотный диапазон записи и обработки ЭКГ-сигнала, ось Y – амплитудный диапазон. Исследования в получении и анализе низкоамплитудных высокочастотных компонентов ЭКГ-сигналов были использованы для регистрации новых информационных компонентов ЭКГ-сигналов и для обнаружения симптомов болезней сердца на ранних стадиях. Материалы [5, 6] описывают исследования возможности диагностирования заболевания коронарной артерии, используя ЭКГ-сигналы высокочастотного диапазона.

Эти исследования показали, что присутствие высокочастотных компонентов ЭКГ-сигнала не зависит от возраста человека, и у пациентов с ишемической болезнью сердца присутствуют высокочастотные компоненты в электрокардиограмме, отсутствующие в ЭКГ здоровых пациентов. Нужно отметить, что эти исследования обеспечили только качественную оценку этого явления.

В 2010 году мы провели комплекс научных исследований для оценки изученной теории, методов [7] и лабораторных моделей для регистрации низкоамплитудных и высокочастотных компонентов ЭКГ-сигналов в расширенном амплитудно-частотном диапазоне [8]. Метод двухканальной регистрации ЭКГ с одного отведения был использован, что бы решить проблемы обработки ЭКГ-сигнала гарантируя регистрацию его низкоамплитудных высокочастотных компонентов. Этот метод позволяет обработку ЭКГ-сигнала в широком амплитудном и частотном диапазоне благодаря наличию канала синхронизации, который является источником информации для дополнительной вторичной обработки данных в высокочастотном канале. В части программного обеспечения вторичной обработки для анализа тонкой структуры ЭКГ-сигнала, авторами были разработаны ряд методов и алгоритмов для синхронизации высокой точности для периодических и квазипериодических сигналов для точной машинной обработки серии кардиосигналов.

Главной частью комплекса исследований было изучение влияния экспериментально вызванных заболеваний сердца на параметры и частотные составляющие ЭКГ-сигнала в высокочастотной области спектра. Исследование проводилось совместно с сотрудниками Санкт-Петербургского Государственного медицинского университета им. Павлова. В этих экспериментах производилось моделирование патологических изменений в функциональной деятельности сердца. Исследования производились с использованием экспериментального макета сверхвысокого разрешения.

Мы записывали электрокардиограммы здоровых животных, и затем на всех этапах искусственно созданных патологий.

В результате этого эксперимента мы получили не только качественные, но и количественные характеристики ЭКГ-сигнала, подтверждающие присутствие диагностической информации о патологиях в высокочастотной низкоамплитудной области ЭКГ-сигнала. Рисунок 2 показывает сравнение спектрального состава сигналов кардиограммы, полученных перед операцией (кривая 1) и в начале ишемии миокарда (кривая 2).

Показаны существенные изменения в спектральном составе вначале созданной кардиопатологии. Такие изменения невозможно зафиксировать при использовании стандартных методов электрокардиографии. Эти, и другие исследования, проведенные нашей группой, позволяют прийти к выводу, что существуют различные низкоамплитудные компоненты, включая ранее не изученные, временные периоды и частотные диапазоны ЭКГ-сигнала.

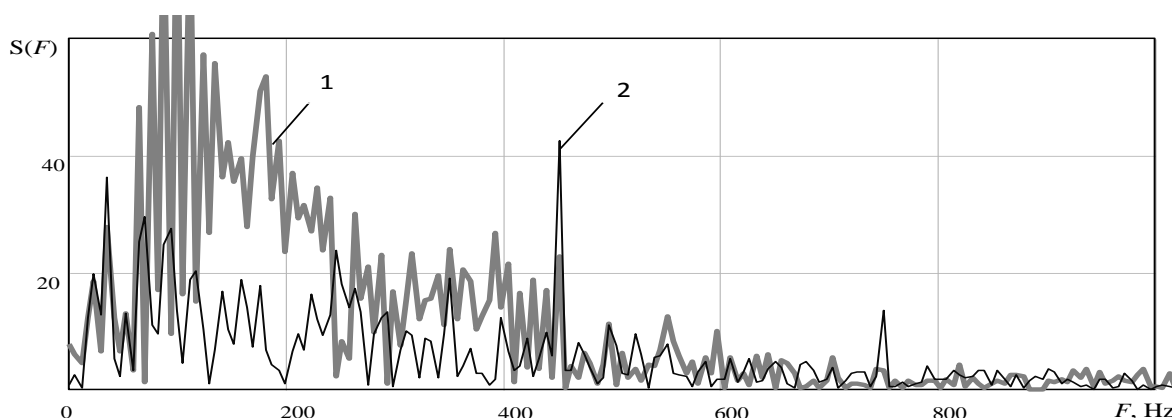


Рис. 2. Спектр электрокардосигнала до операции (кривая 1) и в начале ишемии миокарда (кривая 2)

Существование таких компонентов, совместно с основным понятием микропотенциалов, подтверждено многими работами российских и иностранных ученых, в решении особой проблемы обнаружения ранних и поздних потенциалов желудочков и выявление диагностических особенностей, основанных на их анализе.

Мы планируем развить и расширить эти исследования, увеличивая число исследованных кардиопатологий, ряд статистически действительных данных, моделируя различные стадии болезней, используя новые методологические и технические решения, и т.д.

Это будет основанием для поиска и формализации ранее неизвестных особенностей как известных сердечно-сосудистых заболеваний, так и различных кардиопатологий на ранних стадиях.

Результатом предложенного исследования может стать разработка компьютеризированного образца электрокардиографа нового поколения, это перспектива на 10 – 15 лет.

В его создании могут быть использованы все известные достижения в электрокардиографии для записи и обработки кардиограммы и диагностики кардиопатологий, а так же главные тенденции в современной электрокардиографии, направленные на расширение амплитудного и частотного диапазонов для записи, обработки и анализа электрокардосигналов.

Библиографический список

1. Янушкевичус З. И., Чирейкин Л. В., Пранявичус А. А. Дополнительно усиленная кардиограмма. Л.: Медицина. 1990. 192 с.
2. Новые методы электрокардиографии. Серия: Мир биологии и медицины. Под ред. Грачева С. В., Иванова Г. Г., Сыркина А. Л. М: Техносфера. 2007. 552 с.

3. Schlegel T., Kulecz W., DePalma J., et al. Real-time 12-lead high-frequency QRS electrocardiography for enhanced detection of myocardial ischemia and coronary artery disease. *Mayo Clin Proc* 2004;79:339-350.
4. Зайченко К.В., Зяблицкий А.В., Краснова А.И., Сергеев Т.В. От струнного гальванометра до электрокардиографии сверхвысокого разрешения. // *Биомедицинская радиоэлектроника*. 9/2010, с. 62-78.
5. Boyle D., Carson P., Hamer D., High Frequency Electrocardiography in Ischemic Heart Disease *Brit Heart J.*, 1966, 28, 539.
6. Abboud S., Cohen J., Selwyn A., et al. Detection of transient myocardial ischemia by computer analysis of standard and signal-averaged high-frequency electrocardiograms in patients undergoing percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Circulation* 1987;76:585-96.
7. Зайченко К. В., Зяблицкий А. В. Высокоточная синхронизация электрокардиосигналов сверхвысокого разрешения // *Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника*. 1/2010. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.
8. Зайченко К. В., Сергеев Т. В. Аналоговая обработка электрокардиосигналов со сверхвысоким разрешением. // *Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника*. 3/2009. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009, с. 27-34.