

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ С ФИЛЬТРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ МЕТОДОМ САВИЦКОГО-ГОЛЕЯ

Гордиевич А.В., Ревинская И.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Камлач П.В. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Разработан электрокардиограф, который предназначен для усиления и регистрации биоэлектрических потенциалов одновременно в 12-ти стандартных отведениях. Особенностью проведения электрокардиографии является возможность контурного анализа электрокардиограммы (ЭКГ). С помощью полученных данных можно судить о нарушениях в работе сердца. Перед оценкой ЭКГ и сравнение ее с нормальными показателями возникает задача фильтрации шума с сохранением положения границ и высоты зубцов.

Ключевые слова. ЭКГ, кардиограф, фильтрация, метод Савицкого-Голея.

Введение. Электрокардиография — электрофизиологическая методика регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Сегодня ЭКГ является одним из самых популярных методов исследования в медицине, накопивших громадный опыт.

Основная проблема электрографического метода диагностики заболеваний заключается в том, что традиционные методы анализа электрокардиограмм не всегда позволяют диагностировать сердечные заболевания с высокой достоверностью. Зачастую достаточно серьезные сердечные заболевания отражаются на ЭКГ лишь незначительным изменением амплитуды и формы пиков. Во многих случаях точность диагноза зависит от опыта и уровня классификации врача. Чтобы исключить «человеческий фактор», нужно автоматизировать анализ ЭКГ, и найти такой метод, который был бы способен распознавать наиболее характерные изменения ЭКГ при тех или иных заболеваниях, с учетом того, что даже при одном и том же заболевании ЭКГ могут отличаться друг от друга.

Основная часть. Разработан шестиканальный электрокардиограф, который предназначен для усиления и регистрации биоэлектрических потенциалов одновременно в 12-ти стандартных отведениях (рисунок 1):

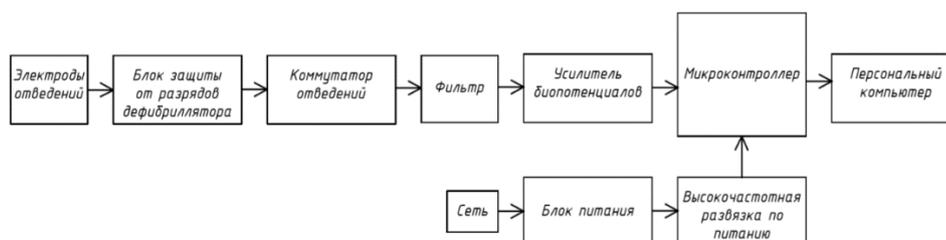


Рисунок 1 – Электрическая структурная схема электрокардиографа

Электроды снимают с кожи человека биопотенциалы сердечной мышцы. Электрический сигнал от электродов через блок защиты от разрядов дефибриллятора поступает на коммутатор отведений. Коммутатор передает сигналы с датчиков в соответствии с выбранным отведением. Фильтр дрейфа изолиний обеспечивает устранение синфазной помехи, присутствующей на теле пациента. Полосовой фильтр убирает сетевую помеху 50 Гц. Усилитель осуществляет масштабирование сигнала с датчиков до необходимого уровня. Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует исследуемый сигнал в цифровую форму. Микроконтроллер осуществляет управление АЦП, а также передает полученную электрокардиограмму на ПК. Блок питания формирует из сетевого напряжения 230 В необходимые напряжения питания для работы других блоков. Высокочастотная развязка по питанию шунтирует питание микросхемы и действует как местный источник питания.

ЭКГ сигнал сглаживается с использованием фильтра Савицкого-Голея [3, 4]. Сглаживающие фильтры Савицкого-Голея, они также называются полиномиальными сглаживающими фильтрами или сглаживающими фильтрами с минимальной квадратической ошибкой, как правило, используются для сглаживания зашумленных сигналов с широким (без шума) спектром.

Пусть $x[n], n = -M, M$ — дискретные отсчеты с центральным отсчетом $x[0]$. тогда

Полиномиальная аппроксимация данных $2M + 1$ отсчетов является полиномом $p(n)$ порядка N :

$$p(n) = \sum_{k=0}^N a_k n^k, \quad (1)$$

где $p(n)$ — полином порядка N .

Сигнал на выходе фильтра получается путем применения дискретной свертки:

$$y[n] = \sum_{m=-M}^M h[m]x[n-m] = \sum_{m=-M}^M h[n-m]x[m], i = \overline{0, N} \quad (2)$$

Коэффициенты полинома аппроксимации получаются путем взятия производной E_N с минимальной среднеквадратической ошибкой:

$$\frac{\partial E_N}{\partial a_i} = \sum_{n=-M}^M 2n^i \left(\sum_{k=0}^N a_k n^k - x[n] \right) = 0 \quad (3)$$

Или

$$\sum_{k=0}^N \left(\sum_{n=-M}^M n^{i+k} \right) a^k = \sum_{n=-M}^M n^i x[n]; i = \overline{0, N} \quad (4)$$

Заключение. Сглаживающие фильтры Савицкого – Голея работают намного лучше обычных усредняющих нерекурсивных фильтров, которые имеют тенденцию удалять вместе шумом значительную долю высокочастотных составляющих сигнала. Фильтры Савицкого – Голея осуществляют полиномиальную аппроксимацию отдельных кадров входного сигнала по критерию минимума квадратической ошибки. В этом смысле они являются оптимальным.

Список литературы

1. Hao, Weituo, Yu Chen, and Yi Xin. ECG baseline wander correction by mean-median filter and discrete wavelet transform // *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE. IEEE, 2011.*
2. Система электрокардиографической диагностики критических состояний в условиях свободной активности пациента: диссертация доктора технических наук: 05.11.17 / Кривоногов Леонид Юрьевич; [Место защиты: Пенз. гос. ун-т]. - Пенза, 2017. - 412 с.
3. A. Savitzky and M. J.E. Golay. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures // *Anal. Chem. Vol. 36. PP. 1627-1639. 1964.*
4. Ronald W. Schafer. What is a Savitzky-Golay filter? // *IEEE Signal Processing Magazine. 2011. PP. 111-117.*

UDC 616-7

ELECTROCARDIOGRAPH WITH ELECTROCARDIOGRAM FILTRATION BY THE SAVITSKY-GOLEY METHOD

Hardziyevich A.V., Revinskaya I.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. - PhD, Associate Professor

Annotation. An electrocardiograph has been developed, which is designed to amplify and register bioelectric potentials simultaneously in 12 standard leads. A feature of electrocardiography is the possibility of contour analysis of the electrocardiogram (ECG). Using the data obtained, one can judge about violations in the work of the heart. Before evaluating the ECG and comparing it with normal indicators, the task of filtering noise arises while maintaining the position of the boundaries and the height of the teeth.

Keywords. ECG, cardiograph, filtration, Savitsky-Golay method.