

УДК 001.891.57; 004.043

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРОВ НА СИГНАЛ ЭКГ (RESEARCH OF INFLUENCE OF FILTERS ON AN ELECTROCARDIOGRAM SIGNAL)

И.С. Антоненко, И.А. Лежнина
I.S. Antonenko, I.A. Lezhnina

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: antonenko_irina_@mail.ru

В различных электрокардиографах используются различные виды фильтров и, следовательно, они будут по-разному влиять на электрокардиографический сигнал (ЭКГ). Именно различным влиянием фильтров на ЭКГ можно объяснить расхождение в показаниях различных электрокардиографов. В статье представлены результаты моделирования работы фильтров нижних, верхних частот и режекторного фильтра в системе MATLAB и их влияние на сигнал ЭКГ здорового человека. Экспериментально доказано, что традиционно применяемая фильтрация вносит не устранимые искажения в полезный сигнал ЭКГ. (Various kinds of filters are used in different electrocardiographs, and, consequently, they will have different influence on the electrocardiographic signal (ECG). Discrepancy in testimony of various electrocardiographs can be explained with different influence of filters on the ECG. In this article the results of modelling of low-pass and high-frequency filters and a notch filter in the MATLAB system and their influence on the ECG signal of a healthy person are presented. It is experimentally proved that traditionally used filtration impacts unremovable distortions in the healthy-giving ECG signal.)

Ключевые слова:

Сигнал ЭКГ, помеха, моделирование, фильтр высоких и низких частот, режекторный фильтр. (ECG signal, noise, modeling, low-pass filter, high-pass filter, band-stop filter.)

Введение

В настоящее время в современной медицине используются различные средства для диагностики заболеваний. Одним из таких средств является электрокардиограф, при помощи которого производится регистрация электрических полей, возникающих при работе сердца. Электрокардиография является одним из ведущих методов инструментального исследования сердечно-сосудистой системы, которая остается наиболее распространенным и доступным методом исследования для широкого круга людей. Перед тем, как врач увидит электрокардиограмму на мониторе компьютера или в распечатанном виде сигнал проходит через фильтры, которые являются неотъемлемой частью каждого электрокардиографа. Стандарт на электрокардиографы не регламентирует набор фильтров для электрокардиографа. Тестирование электрокардиографов проводится при выключенных фильтрах, что предусматривается конструкцией прибора.

В современном кардиографе применяются несколько видов фильтров, предназначенных для разных задач, а каждый из видов может быть представлен несколькими вариантами [1]. Это создает большое число возможных комбинаций фильтров. В зависимости от параметров фильтрации сигнала могут наблюдаться достаточно заметные изменения в сигнале ЭКГ [2].

В электрокардиографах компании Fukuda [3] (там, где это указано в технических характеристиках), в основном, установлены следующие виды фильтров:

- переменного тока: 50 Гц или 60 Гц;
- мышечный: 25 Гц или 35 Гц;
- дрейф-изолинии: 0,25 Гц или 0,5 Гц;

Компания KENZ [4] указывает на наличие цифровых фильтров в электрокардиографах:

- сетевой: более 40 дБ (50/60 Гц);
- дрейфовый: -3 дБ (0,5 Гц);
- мышечный 1: -3 дБ (35Гц);

- мышечный 2: - 3 дБ (25 Гц).

Компания Schiller [5]:

- миографический фильтр (фильтр мышечного тремора):

25 Гц (40 дБ/октаву) или 35 Гц (20 дБ/октаву), программируемый;

- линейный частотный фильтр: подавление навязанных 50 Гц или 60 Гц гармонических помех без влияния на ЭКГ сигнал с помощью адаптивного цифрового фильтра, программируемый.

Компания Нейрософт [6] (Россия):

- Фильтр низких частот - 40, 100, 150 Гц;

- Фильтр высоких частот – 0,05; 0,1; 0,5; 1 Гц (3,2 с);

- Сетевой фильтр - 50 Гц или 60 Гц;

- Фильтр дрейфа – имеется.

Ход и результаты исследования

В процессе работы были проведены исследования влияния фильтров на сигнал ЭКГ. Пример сигнала ЭКГ здорового человека был взят из открытой базы данных аритмий Массачусетского технологического института (MIT/BIH). Исследуемый сигнал был построен в виде табличной модели в среде MicrosoftExcel. Экспорт данных из MicrosoftExcel в Matlab был произведен с помощью среды Simulink (программного пакета Matlab). За открытие файла отвечает блок From File (Simulink / Sources/ From File). В окне параметров блока FromFile в графе File-Name указывается адрес файла (рис. 1). В блоке From File происходит автоматическое считывание сигнала.

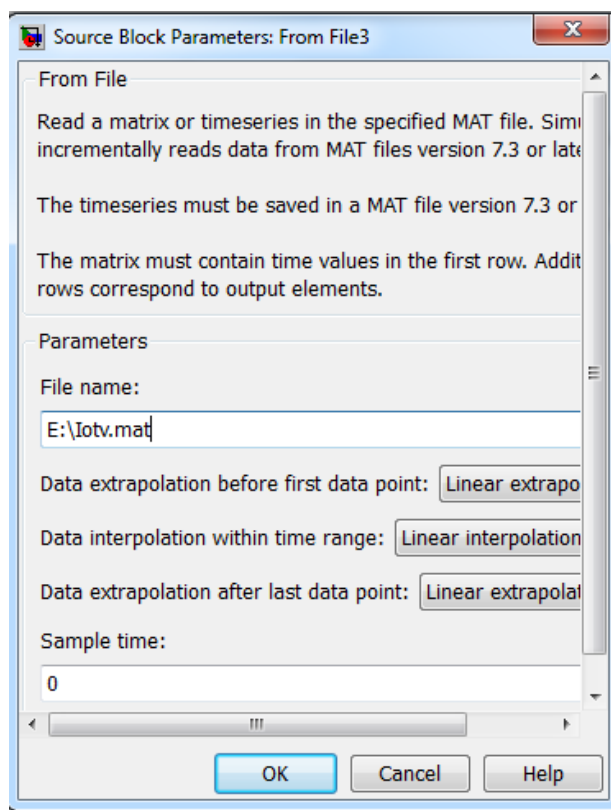


Рис. 1. Блок параметров фильтра FromFile

Для исследования влияния фильтров на сигнал ЭКГ были смоделированы фильтры высоких частот (ФВЧ), низких частот (ФНЧ) и режекторный фильтр (РФ) типа Баттерворта 3-го порядка.

Для моделирования фильтров Баттерворта служит функция `butter`, имеющая следующую форму записи:

$$[B \ A]=\text{butter}(n, W_n, \text{'ftype'}, 's');$$

где, n – порядок фильтра;

ω_n – частота среза (рад/с);

'ftype' – тип фильтра:

'high' – для синтеза фильтра высоких частот с нормированной частотой среза ω_n ;

'low' – для синтеза фильтра нижних частот с нормированной частотой среза ω_n ;

'stop' – для синтеза режекторного фильтра порядка $2 \cdot n$.

В этом случае входной параметр ω_n должен быть двухэлементным вектором, $\omega_n = [\omega_1 \ \omega_2]$. Полоса задерживания синтезированного фильтра лежит в пределах от ω_1 до ω_2 ;

's' – параметр аналогового фильтра.

Рассмотрим расчет ФНЧ типа Баттерворта 3-го порядка с частотой среза 75 Гц (471 рад/сек).

Выполнив команду `[B A]=Butter(3,471,'low','s');` в окне Command Window, получаем коэффициенты передаточной функции A , B (рис. 2), где A (Denominator) – хранит коэффициенты знаменателя передаточной функции, B (Numerator) – хранит коэффициенты числителя передаточной функции.

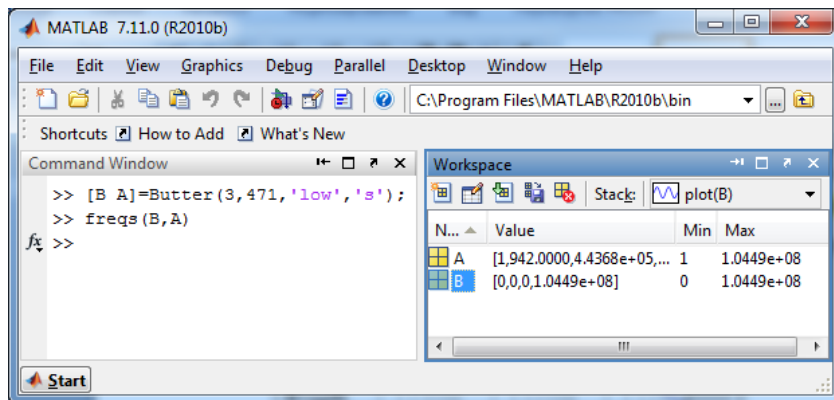


Рис. 2. Командное окно системы MatLAB

Моделирование работы фильтра выполнено с помощью блока Transfer Fcn (Simulink / Continuous / Transfer Fcn).

Подставляем, соответственно, коэффициенты A и B в окно параметров блока Transfer Fcn и получаем блок с синтезированным ФНЧ типа Баттерворта 3-го порядка (рис. 3).

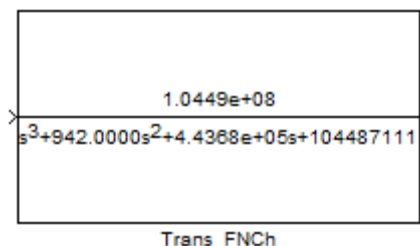


Рис. 3. Блок фильтра нижних частот

Аналогичным способом рассчитываем фильтр высоких частот и режекторный фильтр типа Баттерворта 3-го порядка

В результате в системе Matlab была спроектирована схема (рис. 4), которая содержит три вида фильтров типа Баттерворта 3-го порядка, а именно: фильтр высоких частот (ФВЧ), фильтр низких частот (ФНЧ) и режекторный фильтр 50 Гц (РФ).

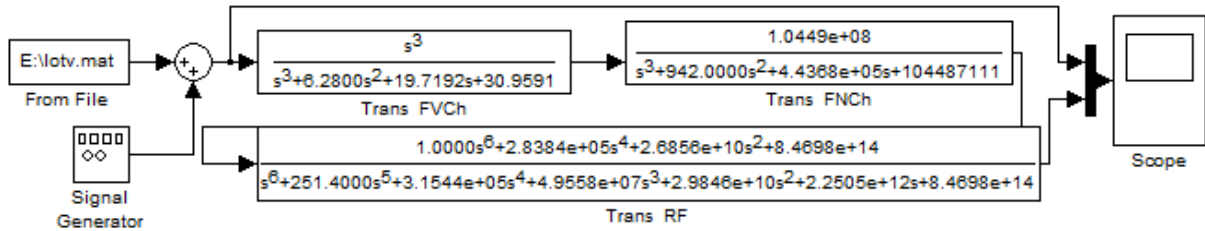


Рис. 4. Схема для исследования влияния фильтров

Схема содержит: блок (FromFile), блок (SignalGenerator), мультиплекс (Mux), блок (Sum), фильтр высоких частот (TransFVCh), фильтр нижних частот (TransFNCh), режекторный фильтр (TransRF), блок (Scope).

На вход схемы подается сигнал ЭКГ и сетевая помеха с частотой 50 Гц, амплитудой 200мВ, для объединения сигнала используется сумматор (Sum), на выходе установлен осциллограф (Scope) - это блок для построения графиков, позволяющий графически увидеть влияние фильтров на сигнал ЭКГ в системе Matlab. С целью объединения графиков входного и выходного сигнала, для более удобного анализа, используем мультиплекс (Mux). Входной сигнал ЭКГ представлен на рис. 5. Результат влияния фильтров представлен на рис. 5-7.

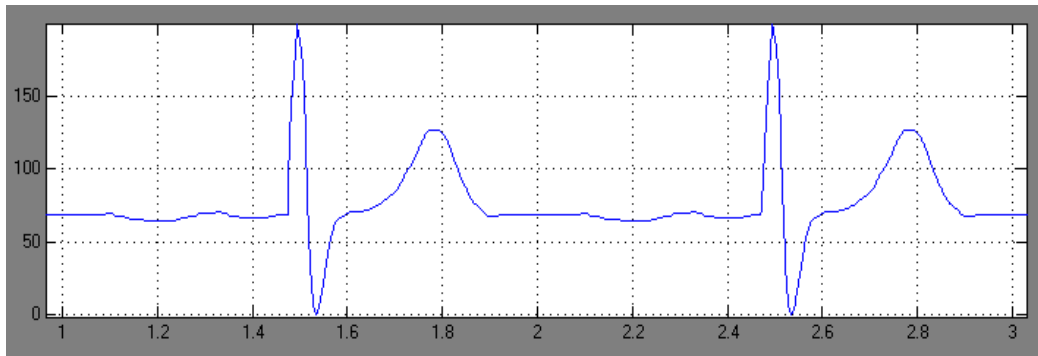


Рис. 5. Входной сигнал

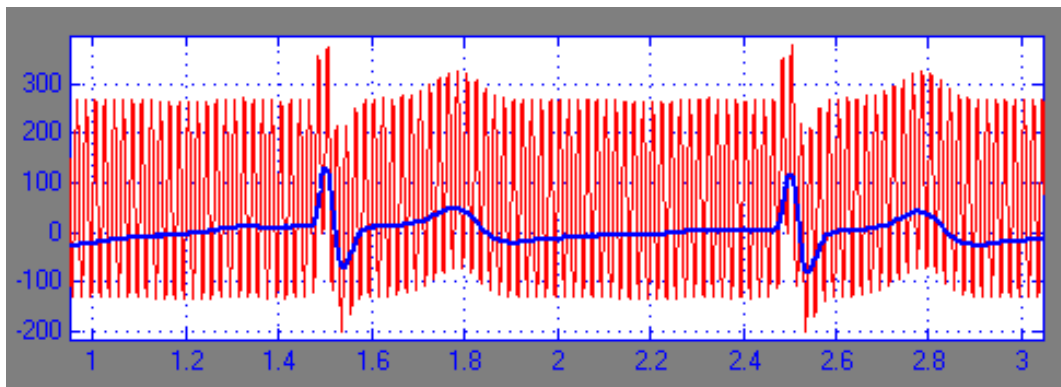


Рис. 6. Сигнал на выходе фильтров плюс помеха

На рис. 7 показаны кардиограммы, синим цветом представлена исходная ЭКГ, а красным – отфильтрованная на выходе.



Рис. 7. Сравнение электрокардиограмм, исходной и отфильтрованной ФВЧ, ФНЧ и РФ типа Баттерворта 3 порядка

При сравнении электрокардиограмм, на выходе наблюдаем, увеличение в амплитуде зубцов R на 0,3 мВ и S на 0,7 мВ, что не выявляет патологий, но указывает на мышечные изменения. Также видно появление отрицательного, симметричного зубца T, что с точки зрения медицинской интерпретации ЭКГ, свидетельствуют о наличии заболевания ишемии миокарда и говорит о серьезности поражения сердца.

Экспериментально доказано, что применяемая фильтрация вносит не устранимые искажения в полезный сигнал ЭКГ. При интерпретации электрокардиограммы, полученные нами данные, являются существенным отклонением, что непременно приводит к ошибочной постановке диагноза и, следовательно, увеличивается риск нанесения вреда здоровью человека.

При проведении анализа биосигналов следует обращать внимание на то, какие фильтры включены при регистрации сигнала. В руководстве по эксплуатации регистраторов должны быть приведены исчерпывающие сведения о возможном влиянии фильтров на диагностические свойства регистрируемых сигналов. На основе полученных данных можно составить рекомендации среднему медперсоналу по использованию фильтров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокие медицинские технологии – в практику функциональной диагностики. //Обозрение. Медтехника [Электронный ресурс]. – 2007. – №5. – Режим доступа: <http://www.altonika.ru/article.php?id=338>.
2. Дроздов Д.В., Сыркин А.Л., Гозырева О.В. и др. Влияние фильтрации на диагностические признаки ЭКГ. // CARDIOSTIM. – 1998. – С. 41.
3. Официальный сайт компании FORMED (Fukuda Densh) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.formed.ru/producers/920.php>.
4. Официальный сайт компании Медтехника СПб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.55355.ru/0100/000_142.htm.
5. Официальный сайт компании ЗАО «ШИЛЛЕР.РУ» [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.schiller.ru>.
6. Официальный сайт компании Нейрософт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.neurosoft.ru/rus/product/group_ecg.aspx.

Сведения об авторах:

Антоненко И.С.: г. Томск, магистрант гр.1БМ2Б кафедры Информационно-измерительной техники Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Лежнина И.А.: г. Томск, к.т.н., доцент кафедры Информационно-измерительной техники Национального исследовательского Томского политехнического университета.