



## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ

В данной работе решен вопрос о повышении эффективности измерительных преобразователей биомедицинских сигналов за счет совершенствования существующих преобразователей. Разработана система независимого питания и связи измерительных преобразователей, смоделирована электрическая схема адаптивного фильтра нижних частот с реальными параметрами измерительных величин с помощью программы Electronic Workbench.

Биомедицинские сигналы, измерительные преобразователи, адаптивный фильтр.

Одним из направлений научно-технического прогресса является совершенствование уже существующих и создание новых средств измерений, к примеру, медицинских измерительных преобразователей (МИП). Дальнейшее развитие исследований в медицине, борьба с болезнями, охрана окружающей среды и здоровья человека, при которых условия измерений становятся все более сложными, необходимо создание инновационных средств измерений, в первую очередь измерительных первичных преобразователей [1].

По принципу действия и конструктивному исполнению измерительные преобразователи крайне разнообразны. Повышаются требования к их точности, чувствительности, быстродействию. Точность многих средств измерений зачастую определяется точностью именно первичных преобразователей, поскольку вторичные средства измерений достаточно совершенны. В связи с этим изучение данного направления является актуальным.

Целью настоящей работы является повышение эффективности измерительных преобразователей биомедицинских сигналов за счет совершенствования существующих преобразователей. Для достижения поставленной цели определены следующие основные задачи данной работы:

1. Анализ проблем, возникающих при разработке электронной аппаратуры для медицины.
2. Разработка методик получения и накопления биомедицинских данных и их фильтрации.
3. Разработка системы независимого питания и связи измерительных преобразователей.
4. Способ миниатюризации размеров и возможности ношения данных устройств на теле пациента.
5. Моделирования электрической схемы адаптивного фильтра нижних частот с реальными параметрами измерительных величин с помощью программы Electronic Workbench.

Задача на уровне получения и сохранения данных следует из ряда требований, характерных для систем данного типа. Целевой диапазон частот включает в себя частоту в 50 Гц, используемую линиями питания. Это представляет собой значительную проблему на различных уровнях [2]. К проектированию источни-

ков питания для этих приборов требуется подходить с особым вниманием, так как напряжение постоянного тока получается из напряжения переменного тока частотой 50 Гц. Амплитуда этой переменной составляющей легко может оказаться больше амплитуды сигнала измерения, и тогда минимальная амплитуда сигнала, которая может быть измерена, будет более высокой. Чтобы избежать этого, необходимо подойти к разработке источника питания с особым вниманием или использовать в качестве источника питания батарею. Поскольку многие разрабатываемые системы предназначены для применения и на поверхности и внутри организма, использование батареи решает многие из этих проблем. Однако при измерении биопотенциалов даже при использовании батареи в качестве источника питания приведет к возникновению помех, так как напряжение помехи того же порядка, что и биопотенциалы. Одно из возможных решений данной проблемы состоит в том, чтобы использовать режекторный фильтр для подавления этой составляющей. Однако это также представляет собой проблему потому, что у таких фильтров должен быть очень высокий фактор добротности, чтобы удалить только составляющие с частотой в 50 Гц, так как целевые компоненты сигнала также находятся в области этой частоты и также будут ослабляться. Ослабление порядка в 30-40 дБ достаточно для большинства устройств, хотя некоторые могут пользоваться значениями до 70-80 дБ. Однако такое высокое значение ослабления создает новую задачу, заключающуюся именно в том, как получить такие приборы с очень низким шумовым эффектом (порядка 1 мВ).

Другая проблема, возникающая во время получения биомедицинского сигнала, связана с собственной активностью субъекта, у которой есть частотные компоненты в диапазоне целевых частот, представляя так называемые динамические помехи [3]. Так как эти медленные компоненты входят в целевой диапазон, они не могут быть просто удалены при стандартном фильтровании низко- и высокочастотных сигналов. Для того чтобы удалить эти компоненты, необходимо использовать адаптивный фильтр. На рис. 1 представлена общая структурная схема адаптивного фильтра.

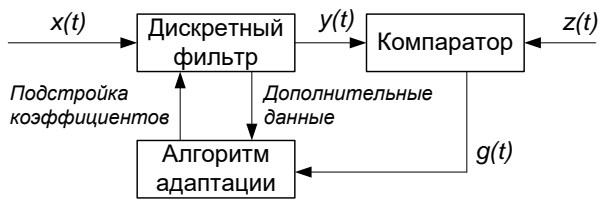


Рис. 1. Общая структурная схема адаптивного фильтра

Входной сигнал  $x(t)$  обрабатывается дискретным фильтром, в результате чего появляется выходной сигнал  $y(t)$ . Этот выходной сигнал сравнивается в компараторе с эталонным сигналом  $z(t)$ . Разность между ними образует сигнал ошибки  $g(t)$ . Задача адаптивного фильтра – минимизировать ошибку воспроизведения эталонного сигнала. С этой целью блок адаптации после обработки каждого отсчета анализирует сигнал ошибки и дополнительные данные, поступающие из дискретного фильтра, используя результаты этого анализа для подстройки параметров фильтра.

Для подтверждения теоретических выкладок, на практике смоделирована в программе Electronic Workbench электрическая схема адаптивного фильтра нижних частот (рис. 2) с реальными параметрами измерительных величин [4].

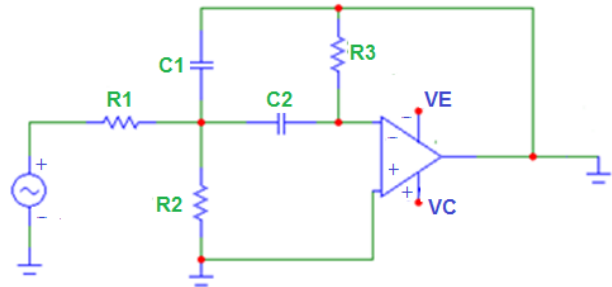


Рис. 2. Электрическая схема адаптивного фильтра нижних частот

При подаче на вход напряжения номиналом в 1В получаем следующие АЧХ и ФЧХ, показанные на рис. 3.

Также рассмотрена фильтрация с помощью адаптивного фильтра, показанная на рис. 4.

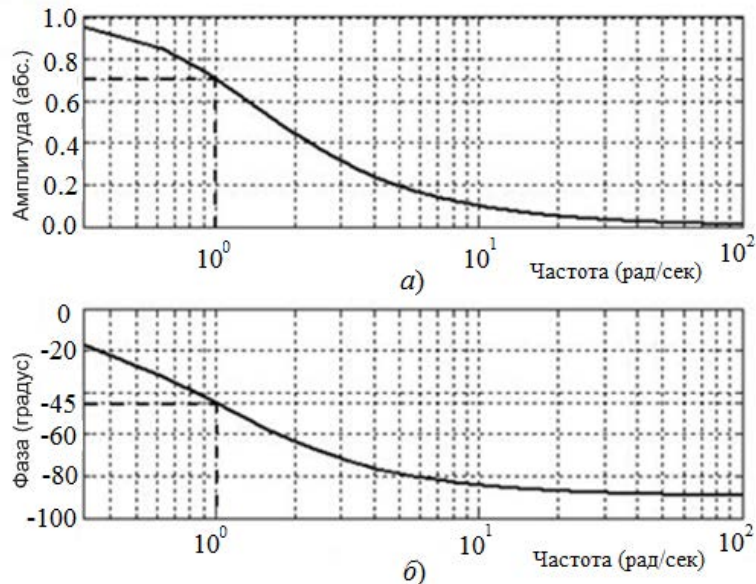


Рис. 3. Зависимость АЧХ (а) и ФЧХ (б) адаптивного фильтра

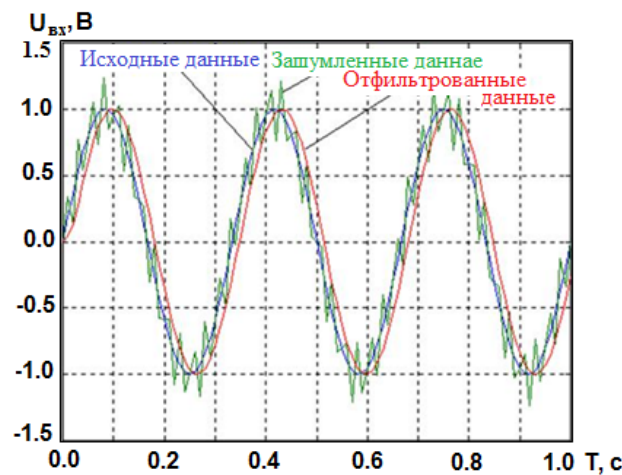


Рис.4. Фильтрация с помощью адаптивного фильтра (удаление шумового эффекта)

Диаграмма на рис. 4 показывает процесс удаления шумового эффекта от исходного, который можно наблюдать на выходе адаптивного фильтра.

Таким образом, можно сказать, что практическое моделирование прохождения биомедицинского сигнала через преобразователя (фильтр) подтверждает теоретические выкладки, сделанные при первоначальном анализе проблемы [5].

Биомедицинские сигналы обеспечивают интерфейс между человеческим телом и электронными системами, и они непосредственно связаны с физиологией и функцией органов и систем органов, и, следовательно, позволяют определить состояние здоровья субъекта посредством получения и контроля данных сигналов.

Электронная система используется для измерения физиологических сигналов. Такие сигналы могут быть электрическими, в противном случае, они преобразуются в электрические сигналы посредством различных датчиков или преобразователей.

#### Литература

1. Федотов, А. А Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мо-

ниторинга / А. А. Федотов, С. А. Акулов. – Москва: Радио и связь, 2013. – 250 с.

2. Калакутский, Л. И. Аппаратура и методы клинического мониторинга: учеб. пособие / Л. И. Калакутский, Э. С. Манелис. – Самара: СГАУ, 1999. – 160 с.

3. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход: пер. с англ. / под ред. А. П. Немирко. – Москва: Физматлит, 2007. – 440 с.

4. Корчажинская, А. М. Эффективность измерительных преобразователей для контроля различных физиологических параметров / А. М. Корчажинская, науч. рук. М. Ф. Умаров // Материалы межрегиональной научной конференции X ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых: [в 4 т.]. Т. 1 / [ред. кол.: А. А. Сеницын, А. Е. Немировский, С. В. Дианов и др.]. – Вологда, 2016. – С. 24–27.

5. Корчажинская, А. М. Инновационное решение повышения эффективности измерительных преобразователей / А. М. Корчажинская, М. Ф. Умаров // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы XIII междунар. науч.-техн. конф., 27 марта 2018 г. / [отв. ред. В. П. Полетаев]. – Вологда, 2018. – С. 147–151.

**M.F. Umarov, A. M. Korchazhinskaya**  
Vologda state University

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF BIOMEDICAL SIGNALS TRANSMITTERS

The article deals with the issue of improving the efficiency of transmitters of biomedical signals due to the improvement of the existing converters. The system of independent power supply and connection of measurement transducers has been developed. Electrical scheme of the adaptive low-pass filter with the real parameters of the measuring values has been simulated with the help of Electronic Workbench program.

Biomedical signals, transducers, adaptive filter.