

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МЕТОДАМ СТАБИЛИЗАЦИИ И СНИЖЕНИЯ ПОМЕХ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СИГНАЛА «СУХИМИ» ЭЛЕКТРОДАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Бояхчан А.А., Солдатов В.С., Лежнина И.А., Уваров А.А.

Научный руководитель Лежнина Инна Алексеевна

Томский политехнический университет

Lezhnina@tpu.ru

«Сухие» электроды для регистрации биопотенциалов были изобретены давно, но широкое распространение они получили только в последнее время. Это связано с широким распространением медицинских систем, позволяющих удаленно получать данные с различных приборов, в которых используются «сухие» электроды. Данные электроды предпочтительней, так как не требуют сложного обслуживания, однако они имеют и свои недостатки.

«Сухие» электроды подвержены дополнительным помехам, это приводит к необходимости использования дополнительных средств для улучшения качества получаемого сигнала. Для того, чтобы определить какие составляющие сигнала необходимо убрать, был проведен спектральный анализ сигнала. Результаты представлены на рисунке 1.

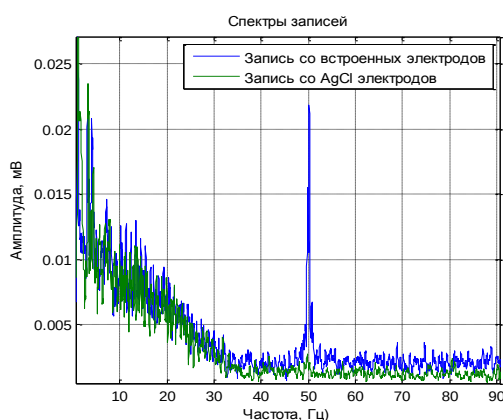


Рис. 1. Спектральный состав сигналов двух записей

Из спектров видно, что при использовании «сухих» электродов в сигнале появляется две помехи, а именно:

- помеха в 50 Гц (так называемая «сетевая наводка» или помеха от сетей электропередач);
- широкополосная помеха на частоте от 10 Гц до 20 Гц.

Стандартно, помеха в 50 Гц убирается из сигнала с помощью частотного фильтра. Однако подобное решение приводит к небольшим колебаниям и искажениям в выходном сигнале, так как у всех цифровых фильтров имеется переходный процесс. Альтернативным решением

может быть выполнение полного экранирования «сухого» электрода и обеспечение лучшего согласования сигналов между телом человека и макетом прибора. С этой целью были разработаны и изготовлены улучшенные «сухие» электроды (рисунок 2).



Рис. 2. Улучшенные «сухие» электроды

В данных электродах были произведены следующие улучшения. Корпус, напечатанный на 3D принтере, был покрыт токопроводящим лаком (токопроводящий лак на фото имеет медный цвет) и подключен к общему экрану прибора, это позволило защитить электрод от помех сетей электропередач. Также, после проведения дополнительного обзора по способам экранирования, было обнаружено, что для улучшения подавления помех со стороны тела человека необходимо проложить экран на определенном расстоянии от сенсорной площадки электрода. На рисунке 2 можно заметить, что экран отделен от сенсорной площадки при помощи желобка с определенной шириной. Также в электрод была встроена согласующая электронная схема. Встраивание в электрод согласующей схемы было сделано с целью защиты от помех и минимизации потерь в сигнале при передачи по проводникам. Заключительным модификацией было использование в качестве сенсорной площадки электрода токопроводящего полимера (на рисунке выглядит как черная площадка в центре электрода).

Использование токопроводящего полимера целесообразно по следующим причинам:

- низкое напряжение дрейфа и поляризации;

- проводимость сравнимая с проводимостью стандартных «мокрых» медицинских электродов;
- возможность создания гибких электродов, которые будут принимать форму тела пациента и тем самым иметь хороший контакт с ним.
- В результате при регистрации сигнала с помощью улучшенных «сухих» электродов была получена следующая ЭКГ (рисунок 3).

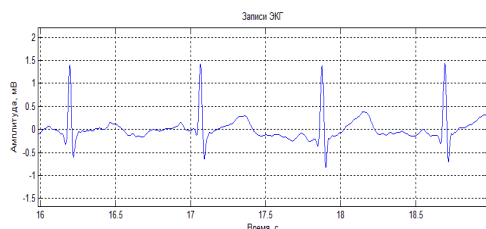


Рис. 3. ЭКГ с модифицированных электродов

Как можно заметить, на ЭКГ нет каких-либо высокочастотных помех. При оценке электрокардиограммы на качество получаемого сигнала, врачами НИИ Кардиологии г.Томска, был дан положительный отзыв, было подтверждено, что по данной ЭКГ можно производить диагностику большинства заболеваний.

Однако, при нестабильной силе нажатия на электрод, появляется дрейф изолинии. В результате появляется широкополосная помеха от 10 Гц до 20 Гц, вызванная не постоянством нажатия человеческой руки на электроды. Решение задачи по удалению данной помехи и стабилизации сигнала открывает новую область для исследования.

Широкополосную помеху на частотах от 10 Гц до 20 Гц невозможно отфильтровать частотным фильтром, так как спектр данной помехи перекрывает спектр полезного сигнала и применение частотного фильтра приведёт к искажению сигнала, что в последствии приведет к неверной интерпретации и неверной постановке диагноза. По этой причине необходимо использовать иной подход для решения данной задачи. Произведя обзор мировой литературы в области данной задачи, была выдвинута гипотеза, что решение может быть найдено в регистрации биоимпеданса между электродом и кожей человека. С этой целью был собран дополнительный макет (рисунок 4) и проведен эксперимент. Результаты, представленные на рисунке 5.



Рис. 4. Макет для экспериментов с биоимпедансом

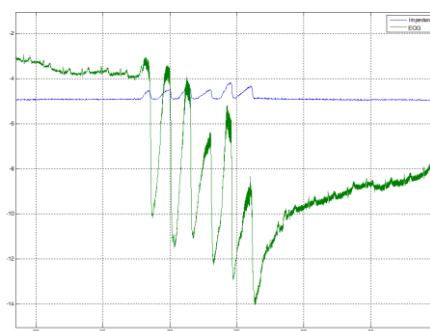


Рис. 5. Регистрация биоимпеданса и ЭКГ

Из рисунков видно, что помеха, присутствующая в сигнале ЭКГ имеет корреляцию с изменением биоимпеданса. На основе этого, можно сделать вывод, о возможности создания адаптивной системы способной на основании сигнала от биоимпеданса выделять и вычитать помеху из сигнала ЭКГ, тем самым производя его стабилизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Estes N.A. 3rd. Predicting and preventing suddencardiacdeath // Circulation. – 2011. – Vol. 124, № 5. – P. 651 – 656.
2. Xiao-Fei Teng, Yuan-Ting Zhang, C.C.Y. Poon, and P. Bonato. Wearable medical systems for p-health. Biomedical Engineering, IEEE Reviews in, 1:62 –74, 2008.