

УДК 616-77

**Анализ частотных характеристик электромиограммы в задаче управления
биопротезом предплечья**

А.А. Догадов¹, М.В. Маркова²

*¹Студент, кафедра «Медико-технические информационные технологии»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

*²Студент, кафедра «Биомедицинские технические системы»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Кобелев А.В., ассистент кафедры «Медико-технические
информационные технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

ToxaDog@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Согласно официальной статистике, в России сейчас 10 млн. инвалидов, что составляет примерно 7% от всего населения. Одной из причин инвалидности являются ампутации конечностей. В России число ежегодных операций ампутации колеблется от 30 до 40 тысяч в год. Современные методы протезирования позволяют людям, перенесшим ампутацию, продолжить прежний образ жизни и сохранить социальный статус, несмотря на потерю конечности.

В основе управления большинства современных биоэлектрических протезов предплечья лежит анализ сигнала электромиограммы. Многочисленные исследования^[4] подтверждают возможность использования электромиограммы для оценки таких параметров движения, как продолжительность, скорость и сила.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В проведённых нами экспериментах^[1] снимался сигнал двухканальной электромиограммы. Полученный сигнал использовался для определения степени схвата кисти. Алгоритм заключается в следующем.

1. Снятие сигнала электромиограммы в покое и расчёт его СКО.
2. Определение начала движения. Было выдвинуто предположение, что движение будет считаться совершённым в том случае, если СКО снимаемого сигнала превысит три СКО сигнала в покое.
3. Определение направления движения. Определение направления движения, то есть закрытия или раскрытия кисти, осуществляется по наличию сигнала на одном из каналов. Таким образом, наличие сигнала на нижнем канале соответствует схвату, а наличие сигнала на верхнем канале – раскрытию.
4. Определение момента окончания движения. Аналогично второму пункту, движение считается законченным, если СКО сигнала становится меньше трёх СКО сигнала в покое.

Данная работа посвящена проверке возможности использования в качестве признака начала движения превышения СКО сигнала электромиограммы порогового уровня, равного трем СКО электромиограммы в покое.

АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИОГРАММЫ

Сигнал ЭМГ, записанный с использованием поверхностных электродов, представляет собой сложный сигнал, включающий интерферирующие составляющие, вызванные несколькими сериями потенциалов действия отдельных двигательных единиц.^[2] Среднее значение амплитуды электромиограммы колеблется в пределах 20—200 мкВ^[3], а при максимальных напряжениях мышцы величина ее электрической активности может составлять 1—2 мВ.

Частотная характеристика ЭМГ находится в диапазоне до 400 Гц^[4], а максимальные амплитуды имеют в большинстве случаев один пик, который расположен в районе 100 Гц (рис 1).

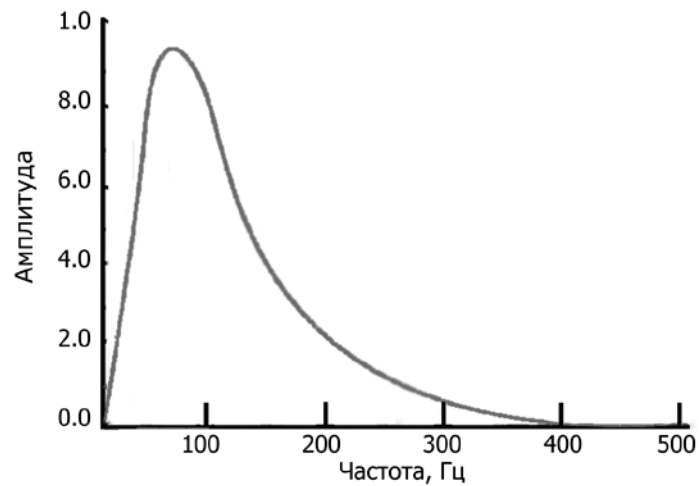


Рис. 1. Амплитудно-частотная характеристика сигнала электромиограммы

Нами было исследованы три сигнала, записанные у одного испытуемого в покое, при слабом схвате и сильном схвате. Сигналы были зарегистрированы с частотой дискретизации 200 Гц.

Зарегистрированные сигналы изучались в частотных диапазонах [5;35] Гц, [15;45] Гц, [25;55] Гц, [35;65] Гц, [45;75] Гц, [55;85] Гц, [65;95] Гц. Фильтрация сигналов была осуществлена с помощью 7 полосовых фильтров, реализованных в пакете Signal Processing Toolbox среды Matlab. В каждом частотном диапазоне нам было найдено СКО каждого сигнала. По рассчитанному СКО было построено распределение СКО по частотам (рис. 2).

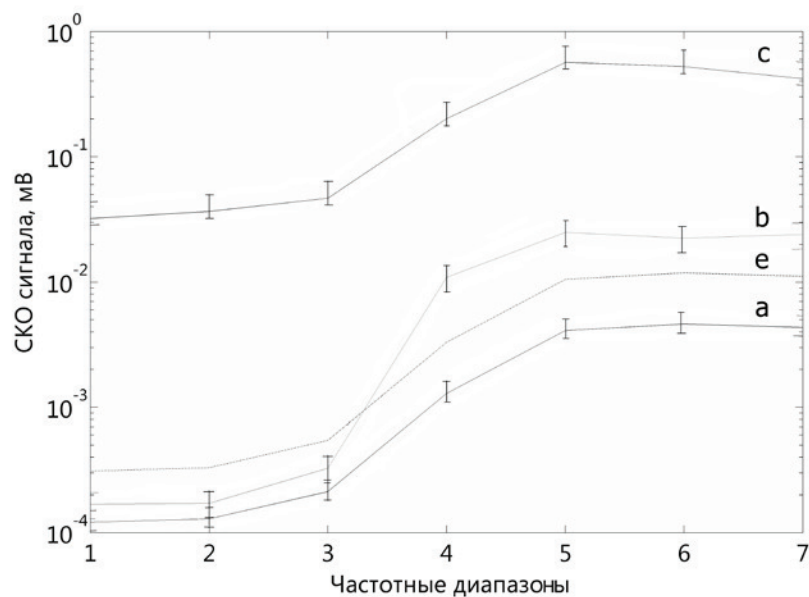


Рис. 2. Распределение СКО по частотам

где 1 соответствует сигналу, прошедшему через фильтр с полосой пропускания [5;35] Гц;

2 – [15;45] Гц;

3 – [25;55] Гц;

4 – [35;65] Гц;

5 – [45;75] Гц;

6 – [55;85] Гц;

7 – [65;95] Гц;

a – СКО электромиограммы в покое;

b – СКО электромиограммы при слабом схвате;

c – СКО электромиограммы при сильном схвате;

e – 3 СКО электромиограммы в покое.

Для СКО сигналов был построен доверительный интервал с уровнем доверия 0,9. Доверительный интервал был рассчитан по 251 отсчету для сигнала, зарегистрированному в покое, по 201 отсчету для сигнала, зарегистрированному при слабом схвате, и по 101 отсчету для сигнала, зарегистрированному при сильном схвате.

Из рис. 2 видно, что в области частот, выше 35 Гц. СКО электромиограммы при слабом схвате не попадает в доверительный интервал СКО электромиограммы в покое. Также для частот в диапазоне выше 35 Гц. СКО электромиограмм, зарегистрированных при слабом и сильном схвате лежит выше уровня трех СКО электромиограммы, зарегистрированной в покое. Таким образом, подтверждена возможность использования в качестве признака начала движения превышение СКО сигнала электромиограммы порогового уровня, равного трем СКО электромиограммы в покое.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты изучения частотных характеристик электромиограмм подтверждают возможность использования уровня, равного трем СКО электромиограммы, зарегистрированной в покое, в качестве порогового для определения момента начала движения в диапазоне частот, начиная с 35 Гц. Данный принцип подходит для использования в алгоритме управления движением схват/раскрытие, предложенном в [1].

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Андрею Владимировичу Самородову, доценту кафедры БМТ-1 МГТУ им. Н. Э. Баумана, за помощь и высказанные предложения, а также

компании ООО «Сканти Рус» в лице менеджера проектов Иванова Игоря Михайловича за предоставленные образцы электронных компонентов.

Список литературы

1. А.А. Догадов, М.В. Маркова Алгоритм определения степени схвата по двухканальной электромиограмме для управления биопротезом предплечья. Молодежный научно-технический вестник № 01, 2013
2. Р. М. Рангайян. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход. – М.: Физматлит, 2010. – 440 с.
3. В.С. Гурфинкель, В.Б. Малкин, М.Л. Цетлин, А.Ю. Шнейдер. Биоэлектрическое управление. «Наука», 1972
4. S. Day, Important Factors in Surface EMG Measurement, Bortec Biomedical Ltd, Calgary AB, 2005
5. Основы физиологии человека. Учебник для высших учебных заведений, в 2-х томах. Под редакцией Б. И. Ткаченко. Спб., 1994 г. Т1 – 567 с., Т.2 – 413 с.