

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ СТИМУЛИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ В ТКАНЯХ ЧЕЛОВЕКА

Студентка гр. 311802 М.М. Меженная,
ассистент каф. ЭТТ М.В. Давыдов,
канд. техн. наук, доцент А.Н. Осипов

*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники*

Введение

Эффективность электростимуляции определяется соответствием параметров стимулирующего сигнала биофизическим характеристикам стимулируемых тканей. В связи с этим проведены исследования распределения мощности синусоидальных стимулирующих импульсов в биологических тканях.

Аппаратный комплекс и методика проведения исследований

Аппаратно-программный комплекс включает в себя электростимулятор «Рефтон-01», блок электродов, схему сопряжения, плату аналого-цифрового преобразователя, осциллограф и персональный компьютер. Для стимуляции используется синусоидальный ток амплитудой 1, 2 и 3 мА и частотой 2–10 кГц. Сигнал с измерительных электродов фиксируется с помощью осциллографа С1-117/1, а так же поступает на плату сопряжения, которая служит для согласования выходного напряжения блока электродов с диапазоном входных напряжений аналого-цифрового преобразователя, данные с которого поступают в персональный компьютер. Программное обеспечение позволяет вывести на экран форму сигнала и сохранить полученные данные в текстовый файл.

Исследования проводились в области предплечья (проекция лучевого сгибателя запястья). На смоченную физраствором кожу накладывались четыре электрода, два из которых служат для подведения стимулирующего тока, подключены к электростимулятору «Рефтон-01» и располагаются на расстоянии 120 мм. Активный электрод располагается ближе к локтю, пассивный электрод располагается возле запястья. Два других электрода являются самоклеящимися электрокардиографическими измерительными, располагаются между стимулирующими электродами. Расстояние между центрами измерительных электродов – 60мм.

В исследовании принимали участие 54 человека. У каждого участника эксперимента были измерены падение напряжения на сопротивлении электрод-кожа 3-х электродным методом, падение напряжения на сопротивлении внутренних тканей 4-х электродным методом и общее падение напряжения между стимулирующими электродами.

Для проверки влияния частоты и силы тока на распределение мощности использовался двухфакторный дисперсионный анализ. Расчет мощности, которая выделяется на сопротивлении электрод-кожа и сопротивлении внутренней ткани осуществлялся в системе MatLab.

Результаты исследований

Доля энергии стимулирующего импульса, выделяющейся на сопротивлении электрод-кожа зависит от частоты и не зависит от силы стимулирующего тока. Из этого следует, что в данном диапазоне токов модель прохождения стимулирующего импульса через сопротивление электрод-кожа линейна. При увеличении частоты с 2 до 10 кГц доля энергии стимулирующего импульса, выделяющийся на сопротивлении электрод-кожа, уменьшается с 91,26 до 81,09%.

Доля энергии стимулирующего импульса, выделяющейся на сопротивлении внутренних тканей, зависит от частоты и не зависит от силы стимулирующего тока. Из этого следует, что в данном диапазоне токов модель прохождения стимулирующего импульса через подкожные ткани также линейна. При увеличении частоты с 2 до 10 кГц доля энергии стимулирующего импульса, выделяющейся на сопротивлении внутренних тканей, увеличивается с 7,97 до 16,99%.

Моделирование распределения мощности

По результатам экспериментов создана электрическая модель биологической ткани для диапазона частот 2 – 20 кГц (рисунок).

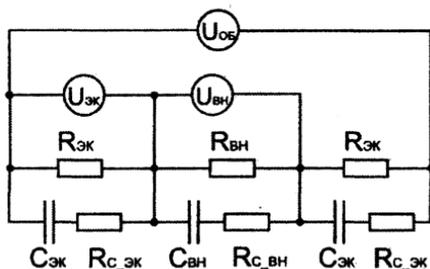


Рис. 1. Электрическая модель биологической ткани

Для достижения большего соответствия модели результатам эксперимента, в цепи сопротивлений электрод-кожа и сопротивления подкожной ткани в ветвь с емкостью был последовательно включен дополнительный резистор.

Данная модель позволяет проанализировать распределение мощности стимулирующего сигнала при прохождении его через биологическую ткань. Полученные результаты можно использовать при синтезе новых сигналов электростимуляции (быстрая проверка селективности) и для организации биотехнической обратной связи при проектировании электростимуляторов.