

УДК 537.31

DOI: 10.17223/00213411/62/12/63

В.П. ДЕМКИН, Г. КИНГМА, С.В. МЕЛЬНИЧУК, М.В. СВЕТЛИК, Т.В. РУДЕНКО, М.Д. АКИНИНА, А.Т. СЮНДУКОВА

ВЛИЯНИЕ ТОКОВ УТЕЧКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ ВЕСТИБУЛЯРНОГО НЕРВА *

Проведено теоретическое и экспериментальное исследование частотной зависимости амплитудно-фазовых характеристик стимулирующего сигнала для вестибулярного нерва и его изменений при прохождении от стимулирующих электродов до окончания вестибулярного нерва. Для оценки влияния токов утечки на изменение стимулирующего импульса тока разработана физико-математическая модель вестибулярного органа и протекающих в его тканях электрических процессов на основе экспериментальных данных об электрофизических и анатомических характеристиках тканей вестибулярного лабиринта на примере морской свинки. Проведены расчеты и измерения частотной зависимости амплитудно-фазовых характеристик стимулирующего сигнала на регистрирующем электроде, расположенном в ганглии Скарпа. Установлено что влияние токов утечки на амплитуду сигнала на регистрирующем электроде является значительным во всем рассмотренном частотном диапазоне. Компенсация влияния токов утечки позволит улучшить качество стимулирующего сигнала и повысить передаточную функцию вестибулярного импланта.

Ключевые слова: электрический ток, импеданс биологических тканей, электрическая модель, вестибулярный лабиринт, вестибулярный имплант, токи утечки, передаточная функция.

Введение

Вестибулярная система человека является одной из самых сложных сенсорных систем, отвечающей за генерацию и передачу в мозг информации о положении тела в пространстве и его движении. Вестибулярный орган, расположенный во внутреннем ухе, обеспечивает вход в нервную систему для обеспечения движения головы и ориентации, чтобы поддерживать и сохранять равновесие тела и устойчивое зрение. Эта система состоит из трех ортогональных заполненных жидкостью полукружных каналов для определения углового движения головы и двух отолитовых органов для определения горизонтального и вертикального линейного ускорения.

Дисфункция вестибулярной системы вызывает постуральную нестабильность, нарушение зрения во время движения головы и хроническое нарушение равновесия [1, 2]. Эти симптомы приводят к значительному снижению физической активности человека, его социальной функции и жизненной силы, что резко влияет на качество жизни [3]. При двухсторонней вестибулярной дисфункции единственным методом лечения является имплантация – замена вестибулярного органа протезом – искусственным детектором движения и связанным с ним электрическим стимулятором, который генерирует электрические сигналы в вестибулярный нерв для их передачи в головной мозг [4, 5]. Имеющиеся сегодня образцы вестибулярных имплантов пока еще далеки от совершенства [6, 7]. Одной из причин этого является несовершенство передаточной функции, которая отражает качество электрического сигнала, поступающего в вестибулярный нерв от стимулирующего электрода [8, 9]. Стимулирующий электрический импульс от электрода, проходя через ткани вестибулярного органа, испытывает влияние импеданса биологической ткани, что приводит к изменению его фазовых характеристик.

Одной из важных причин, влияющих на качество импланта, является расположение стимулирующих электродов, передающих импульсы тока в афферентный нерв. Ткани вестибулярного лабиринта представляют собой сложную по химическому составу проводящую многокомпонентную гетерогенную среду, различающуюся по электропроводным и диэлектрическим свойствам и соответственно обладающую электроимпедансными характеристиками по отношению к импульсам тока, исходящим от электродов. Исходя из этого, при подаче импульса тока от вестибулярного импланта на один из электродов между электродами и вестибулярными нервами могут возникать импульсные токи утечки, которые будут ухудшать качество прямого стимулирующего импульса. Целью данной работы является оценка влияния межэлектродных токов утечки на изменение амплитудно-фазовых характеристик прямых стимулирующих импульсов от электродов при прохождении их через ткани вестибулярного органа.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-15-01249).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>