

УДК 681.32:007

РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ

Е. Я. ШвецКандидат технических наук, профессор, первый проректор,
заведующий кафедрой*

Контактный тел.: (061) 236-90-34

E-mail: shej@zgia.zp.ua

Л. Л. Вережкин

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: 067-703-58-94

E-mail: verlen@rambler.ru

Н. В. Свитанько

Кандидат физико-математических наук, доцент*

Контактный тел.: (061) 223-82-21

E-mail: svitnik@mail.ru

Е. Н. Киселев

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: 067-490-52-93

E-mail: tgk@mail.zp.ua

*Кафедра физической и биомедицинской электроники
Запорожская государственная инженерная академия
пр. Ленина, 226, г. Запорожье, Украина, 69006

У цій статті розглядаються проблеми підвищення гостроти зору за рахунок застосування різних методів електростимуляції окопорових м'язів. Ми представляємо методіку розрахунку площі контакту електроду електростимулятора на експоненціальних струмах низької частоти

Ключові слова: електростимуляція, окопорові м'язи, експоненціальні струми низької частоти, площа контактів електрода

В этой статье рассматриваются проблемы повышения остроты зрения за счет применения различных методов электростимуляции глазодвигательных мышц. Мы представляем методіку расчета площади контакта электрода электростимулятора на экспоненциальных токах низкой частоты

Ключевые слова: электростимуляция, глазодвигательные мышцы, экспоненциальные токи низкой частоты, площадь контакта электрода

1. Введение

Патология глазодвигательного аппарата и нарушение бинокулярного зрения занимают значительный удельный вес в структуре заболеваний органа зрения у детей. Комплексное проведение восстановительных мероприятий (плеоптоортоптика и электростимуляция) позволяет улучшить функциональное состояние глазодвигательного аппарата и повысить эффективность лечения в два раза [1, 2].

Электростимуляция - составная часть комплексного лечения амблиопии с высокой степенью близорукости, а также частичной атрофии зрительного нерва. Как отдельный метод она применяется при зрительной усталости. Влияние электрического тока на физиологические точки повышает остроту зрения. Улучшается проводимость зрительного нерва, который передает информацию от глаза к коре головного мозга. Электростимуляция расслабляет цилиарную мышцу глаза. Это позволяет ликвидировать спазм аккомодации, кровообращение усиливается и все структуры глазного яблока лучше обеспечиваются питательными веществами.

Под воздействием раздражения импульсным током волна возбуждения быстро распространяется по мускульным волокнам, происходят пассивное сокращение мышцы, наблюдается постепенное возобнов-

ление ослабленной сократительной функции мышц. Одновременно проявляется присущее одностороннему току сосудорасширяющее действие и улучшение кровоснабжения мускульной ткани, активизация обменных окислительно-восстановительных процессов. Происходит возобновление трофики и чувствительности нервно-мышечных структур [3]. В настоящее время отсутствуют портативные электростимуляторы, которые генерируют сложно модулируемые экспоненциальные токи и используемые для влияния непосредственно на глазодвигательные мышцы [4].

Физиотерапевтические отделения в основном оснащены аппаратами «Амплипульс» (Россия), «АСМ-3» (Россия), «Тонус» (Россия) и др. Имеющийся в комплекте этих аппаратов однополюсный электрод не позволяет провести достаточную электростимуляцию мышц глаза. Поэтому возникает необходимость дополнительного изготовления электродов приспособленных для работы манипулятора без присутствия ассистента [5].

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Исследование и разработка прибора для электростимуляционного воздействия на глазодвигательные

мышцы основывается на проведении анализа применяемых методик стимуляции и конструкции аппаратуры, используемой в медицинских учреждениях.

Особенности нервно-мышечного аппарата глаза препятствуют проведению электродиагностических определений, так как сила тока, с помощью которой можно было бы получить видимое отклонение глазного яблока, значительно превышает порог болевой чувствительности.

О реакциях стимулируемой мышцы можно судить только по легким фибриллярным подергиваниям в ней, ощущаемым больным [3]. Поэтому от электродного устройства зависит точность подведения импульсного тока непосредственно к стимулируемой мышце.

Токи, изменяющиеся по экспоненциальному закону, действуют более мягко, чем прямоугольные, но в то же время обладают большим стимулирующим действием, чем синусоидальные [3,5,6]. Величина тока, в применяемых ранее электростимуляторах, определялась экспериментально по наличию электрофосфена и достигала оптимального значения на пороге болевых ощущений.

Электропараметры такой процедуры являются приблизительными и не документируются для дальнейшего анализа процесса лечения. Поэтому, для разработчиков офтальмологических электростимуляторов актуальным является точный расчет геометрии подводимых в зону воздействия контактов.

3. Определение площади металлических контактов электродных устройств

Авторами впервые в Украине был разработан портативный электростимулятор [7], в котором применялось электродное устройство, способное без искажений передавать параметры импульсов стимулируемой мышце, обеспечивать качественный контакт с минимальными физическими неудобствами для пациента.

Также для проведения антисептических мероприятий была применена оригинальная методика, представленная в работе [8].

Расчет площади металлических контактов разработанных электродных устройств осуществлялся на основе модели Гельмгольца и закона Варбурга. Выражение для определения площади металлических контактов разработанных электродных устройств имеет следующий вид:

$$|Z_f| = \sqrt{2} \frac{\delta}{2\pi f \epsilon \epsilon_0 S}, \tag{1}$$

где Z_f - полный импеданс электрода; S - площадь поверхности электрода; δ - глубина контактного слоя; ϵ_0 - электрическая постоянная; ϵ - диэлектрическая проницаемость.

Графическое решение выражения (1), на основании которого сформулировано условие выбора площади металлических контактов электродных устройств $S \geq 0,3 \text{ мм}^2$ представлено на рис. 1. Определено, что собственный шум электрода не превышает 10-14 В.

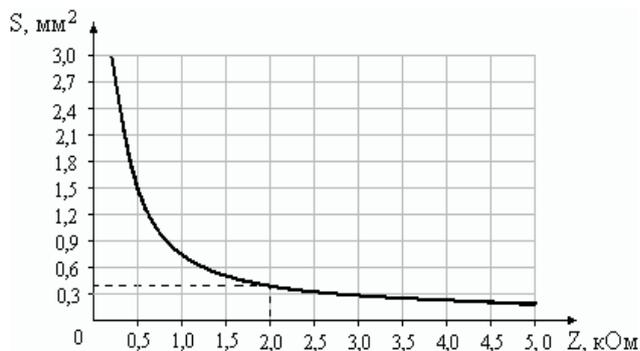


Рис. 1. Расчетная зависимость рабочей площади контакта электрода S от его импеданса Z для нижней граничной частоты стимулирующего импульса 5 Гц

В качестве материалов для изготовления контактов электродных устройств, на основе расчета составляющих импеданса контактных элементов, с использованием эмпирических формул закона Фрике, обоснован выбор металлов золота и серебра. Их графическое решение представлено на рис. 2 и рис. 3.

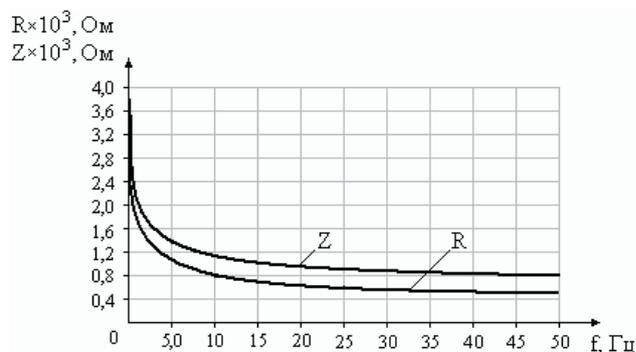


Рис. 2. Расчетная зависимость импеданса Z и его активной составляющей R контактов электрода от частоты проходящего сигнала f , изготовленных из золота

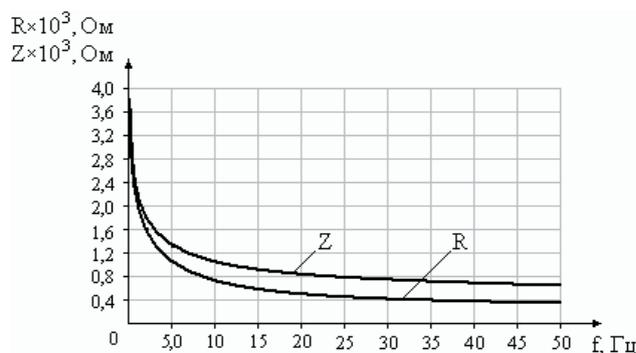


Рис. 3. Расчетная зависимость импеданса Z и его активной составляющей R контактов электрода от частоты проходящего сигнала f , изготовленных из серебра

При проведении экспериментов было установлено, что конструктивные параметры разработанных электродных устройств оказывают минимальное физическое воздействие на глазное яблоко во время всего сеанса электростимуляции по сравнению с указанными выше российскими электростимуляторами.

4. Выводы

Предложена методика расчета площади электродов, на основе которой обоснованы геометрические размеры отводящих контактов разработанных пре-

образователей и произведен выбор материала для их изготовления.

Методика расчета может быть полезной для проектирования офтальмологических электростимуляторов.

Литература

1. Шапкина, Т.К. Реабилитация больных с различными нарушениями функции наружных мышц глаза и век методом электростимуляции [Текст] / Т.К. Шапкина // Вопр. лечения и реабилитации больных с заболеваниями и повреждениями глаз. – Свердловск, 1987. – С. 37–43.
2. Черикчи, Л.Е. Итоги лечения содружественного косоглазия электростимуляциями мышц глазодвигателей за 10 лет [Текст] / Л.Е. Черикчи, И.В. Ключа, Ж.И. Мерзликина, С.И. Юров // Офтальмологический журнал. – 1974. – №5. – С. 368–373.
3. Сосин, И.Н. Физическая терапия глазных болезней [Текст] / И.Н. Сосин, А.Г. Буявых – Симферополь : Таврия, 1998. – 248 с.
4. Швец, Е.Я. Электростимулятор глазных мышц [Текст] / Е.Я.Швец, Л.Л. Веревкин, О.Н. Поправка и др. // Сучасні технології діагностики та лікування очної патології у дітей : II конф. дитячих офтальмологів України, 2–4 жовт. 2003 р.: тези та лекції. – К.: КВІЦ, – 2003. – С. 199–201.
5. Юров, С.И. Лечение содружественного косоглазия электростимуляциями наружных прямых мышц глаза [Текст] / С.И. Юров // Офтальмологический журнал. – 1968. – №8. – С. 598–600.
6. Швец, Е.Я. Электростимулятор глазных мышц экспоненциальными модулированными импульсами [Текст] / Е.Я.Швец, Л.Л. Веревкин, А.П. Посулько и др. // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2003. – №1. – С. 24–26.
7. Швец, Е.Я. Миниатюрный электростимулятор глазных мышц [Текст] / Е.Я. Швец, Л.Л. Веревкин, О.Н. Поправка и др. // Электроника и связь. – 2003. – №18. – С. 102–103.
8. Свитанько, Н.В. Лазерная система для ультрафиолетовой стерилизации внутритканевых очагов бактериального заражения [Текст] / Н.В. Свитанько, Ю.С. Оселдчик, И.Ф. Червоный и др. // Электроника и связь. – 2004. – №21. – С. 62–63.

Abstract

Despite the large number of samples of the ophthalmology devices for stimulation of the oculomotor muscles, until now little attention was paid to issues underlying the calculation and production of electrodes, providing recovery programs in the automatic mode.

The article presents a method for calculation of the areas of metal electrodes of pacemakers, based on the model of Helmholtz and the law of Warburg, and permitting to determine the components of impedance of contact elements.

The method allowed choosing gold and silver as metals to produce the electrodes, because they have a minimal physical impact on an eyeball during electrical stimulation by currents, varying exponentially. The research results can be used to upgrade the existing and design new ophthalmology pacemakers

Keywords: *electrical stimulation, oculomotor muscles, exponential currents of low frequency, contact area of an electrode*