

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ БЛУЖДАЮЩЕГО НЕРВА

А.В. Берестов, А.А. Бомбизов, А.Г. Лоцилов

Научный руководитель: в.н.с. отделения атеросклероза и хронической ИБС НИИ кардиологии Томского

НИМЦ, профессор, д.м.н. Е.Н. Павлюкова

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Специальное конструкторское бюро «Смена»,

Россия, г. Томск, пр. Ленина 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

DEVICE FOR ELECTRICAL STIMULATION OF THE VAGUS NERVE

A.V. Berestov, A.A. Bombizov, A.G. Loshchilov

Scientific Supervisor: M.D., Senior Researcher Cardiology Research Institute, Prof. E.N. Pavlyukova

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Special Design Bureau "Smena",

Tomsk, Lenin Avenue, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

Abstract. *A device for auricular electrical stimulation of the vagus nerve was developed. The advantage of the developed product is the possibility of changing the shape of the stimulation signal, setting the duration of the stimulation session and monitoring the impedance of the load during the stimulation procedure.*

Введение. В НИИ кардиологии Томского научного исследовательского медицинского центра (НИМЦ) города Томска ведутся работы по решению проблемы повышения сократительной функции сердца у пациентов с хронической систолической сердечной недостаточностью сопровождающейся гиперактивностью симпатической нервной системы [1]. До настоящего времени для нефармакологической коррекции гиперсимпатикотонии у данных пациентов использовалось устройство ВАГУС-01 [2]. Устройство представляет собой автономный генератор импульсов тока фиксированной частоты и скважности, имеет ручку регулировки выходного тока в диапазоне до 2 мА, индикаторы питания и нагрузки. К недостаткам устройства можно отнести невозможность изменения формы сигнала стимуляции, отсутствие возможности установки продолжительности сеанса стимуляции и контроля импеданса нагрузки в процессе процедуры стимуляции.

Коллективом СКБ «Смена» ТУСУР совместно с НИИ Кардиологии принято решение о разработке нового устройства, свободного от упомянутых недостатков. Технические характеристики устройства:

1. Максимальный выходной ток – до 2 мА (с функцией цифровой регулировки).
2. Максимальное сопротивление нагрузки (тела человека между точками подключения) – 10 кОм.
3. Контроль выходного тока (прямого, обратного) – есть.
4. Индикации времени сеанса и уровня заряда батареи – есть.
5. Частота импульсов – 3 Гц (варьируемая).
6. Длительность положительного и отрицательного импульсов – 0,2 мс (варьируемая).
7. Возможность цифровой установки формы сигнала стимуляции.

Описание принципа работы устройства электростимуляции блуждающего нерва. На рис. 1 приведена структурная схема разработанного устройства аурикулярной электрической вагусной стимуляции. Основой для разработки цифровой части устройства является отладочная плата 8-битного контроллера компании STMicroelectronics STM8L-Discovery. Плата содержит управляющий микроконтроллер, внутрисхемный программатор, минимальный набор органов управления и жидкокристаллический индикатор.

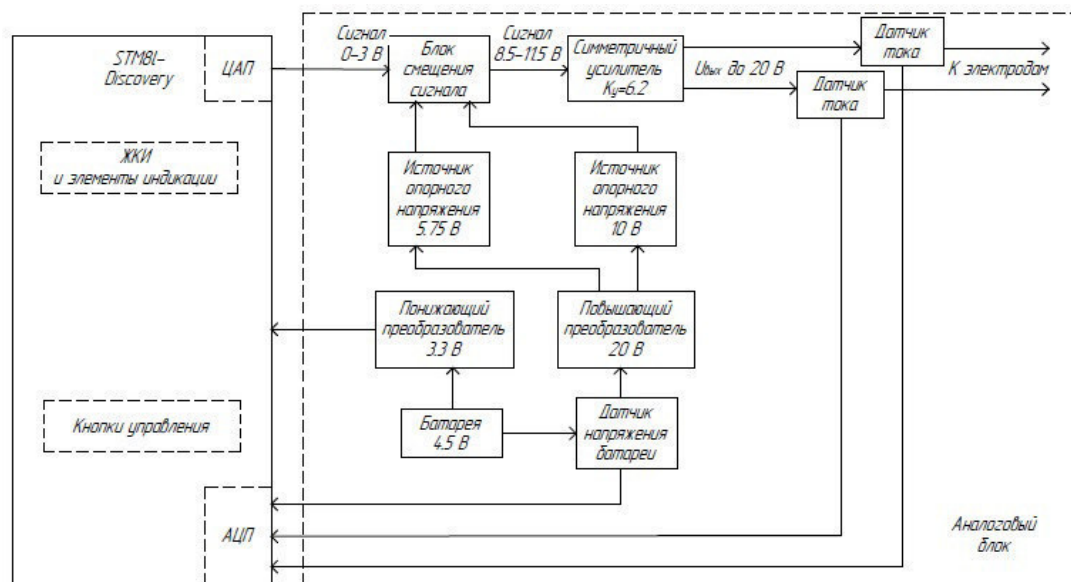


Рис. 1. Схема электрическая структурная устройства электростимуляции

Таким образом, разработанное устройство можно условно разбить на два блока: блок цифровой обработки (отладочная плата STM8L-Discovery) и блок аналоговой обработки, осуществляющий усиление и симметрирование выходного сигнала, а также выделение напряжения на измерительном шунте, пропорциональное току стимуляции.

Сигнал с выхода цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) поступает на блок смещения сигнала, где изменяется положение средней точки сигнала. Затем сигнал подается на блок симметричного усиления, где он симметрируется и усиливается до напряжения (максимального) ± 20 В. Усиленный сигнал поступает на электроды через датчики прямого и обратного токов, сигналы с которых поступают на входы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) блока цифровой обработки.

Для питания устройства электростимуляции использовано три последовательно включенных элемента типа ААА, обеспечивающие напряжение питания от 3,75 до 4,5 В. Выходное напряжение батарей через датчик напряжения поступает на один из входов АЦП и повышающий преобразователь.

Кнопки управления и индикатор STM8L-Discovery позволяют задать режимы стимуляции, в том числе форму и длительность импульсов сигнала, а также контролировать ток, протекающий через тело пациента в процессе процедуры стимуляции.

Конструкторская часть. На основе представленной структурной схемы была разработана схема электрическая принципиальная и топология печатной платы блока аналоговой обработки. Коммутация аналогового и цифрового блоков устройства электростимуляции осуществляется посредством разъемных

соединений типа PLS-PBS. Имеющиеся варианты корпусов для радиоэлектронной аппаратуры не отвечали необходимым требованиям, и в итоге было принято решение разработки собственного корпуса с последующим его изготовлением на 3D-принтере.

Корпус разработанного устройства состоит из основания и крышки. В основании корпуса реализован батарейный отсек для трёх элементов типа ААА. Разнесенный общий вид конструкции устройства электростимуляции блуждающего нерва показан на рис. 2.

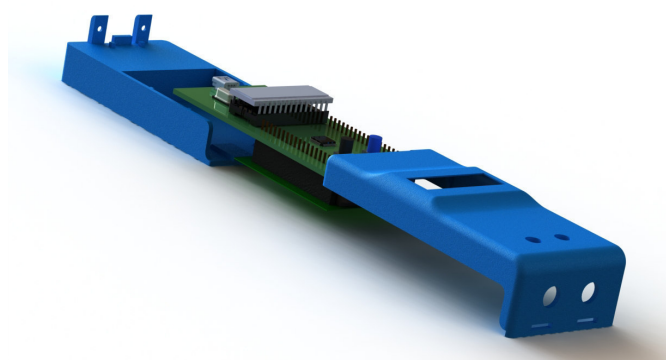


Рис. 2. Разнесенный общий вид конструкции устройства электростимуляции

Электроды представляют собой металлические иглы, которые посредством проводников соединены с выходами источников тока устройства электростимуляции и служат для передачи электрических импульсов в область чувствительных окончаний блуждающего нерва на поверхности ушной раковины пациента. В качестве основы для разработки электрода была выбрана игла для акупунктуры. Для электрического соединения иглы с проводником электрода используются разъёмы типа PLS – PBS. Использование данных разъёмов существенно не утяжеляет электроды, соответственно не возникает необходимости в их дополнительной фиксации на теле пациента.

Заключение. Разработано устройство для аурикулярной электрической стимуляции блуждающего нерва нового типа. Преимуществом разработанного изделия является возможность изменения формы сигнала стимуляции, установка продолжительности сеанса стимуляции. Кроме того, устройство позволяет контролировать импеданс нагрузки в процессе процедуры стимуляции.

В настоящее время устройство электростимуляции используется при проведении нефармакологической коррекции гиперсимпатикотонии у больных хронической систолической сердечной недостаточностью в НИИ кардиологии Томского НИМЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмичкина М.А. Применение аурикулярной электрической вагусной стимуляции у больных хронической сердечной недостаточностью: Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. – Томск, 2012. – 149 с.
2. Пат. 2327492 РФ. МПК А61N 1/36. Устройство для электрической стимуляции чувствительных окончаний блуждающего нерва / С.А. Афанасьев, А.А. Кострикин, И.В. Антонченко, А.В. Писклова, С.В. Попов. – № 2006138299/14. Заявл. 30.10.06; Оpubл. 27.06.08, Бюл. № 18. – 5 с.