

Л. Д. Рагунович

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ КАРОТИДНОЙ РЕФЛЕКСОГЕННОЙ ЗОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Научный руководитель: д-р мед. наук, проф. А. И. Кубарко

Кафедра нормальной физиологии,

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Резюме. Данная работа посвящена созданию программно-аппаратного комплекса для внешней механической стимуляции синокаротидной рефлексогенной зоны для коррекции артериального давления.

Ключевые слова: стимуляция, обратная связь, артериальная гипертензия.

Resume. This article is devoted to a creation of a software and hardware system for external mechanical stimulation of the sinocarotid reflexogenic zone for blood pressure correction.

Keywords: stimulation, feedback, arterial hypertension.

Актуальность. Проблема артериальной гипертензии привлекает все большее внимание. Более 20% взрослого населения во всём мире и более 40% взрослого населения Беларуси страдает артериальной гипертензией.

Основным методом её лечения является медикаментозный, однако у многих пациентов артериальная гипертензия слабо поддаётся фармакотерапии. Для таких пациентов ведётся поиск иных способов коррекции артериального давления.

Одним из них является раздражение барорецепторов рефлексогенной зоны каротидных синусов. Этого возможно достичь при помощи механической или электрической стимуляции.

В последние годы разработан и используется метод прямой электростимуляции при помощи имплантируемых электростимуляторов, электрические импульсы от которых подводятся электродами к каротидной рефлексогенной зоне. Хроническая стимуляция рецепторов данной зоны приводит снижению артериального давления при злокачественной форме артериальной гипертензии [1].

Однако применение имплантируемых устройств сопряжено с риском осложнений из-за периодических оперативных вмешательств, необходимых для замены элементов питания или стимуляторов при их неисправности.

Предпринятые попытки электростимуляции синокаротидной зоны с поверхности кожи пока оказались неэффективными для снижения артериального давления [2].

В естественных условиях адекватным раздражителем барорецепторов данной зоны является механическое воздействие пульсовой волны, и не исключено, что применение внешнего механического воздействия на ткани в области каротидного синуса может также оказаться эффективным для снижения артериального давления.

Цель: создание программно-аппаратного комплекса для механической стимуляции каротидной рефлексогенной зоны.

Задачи:

1. Создание, сборка и проверка программно-аппаратного комплекса.
2. Написание программ для последующей обработки данных, полученных в результате использования созданного комплекса.

Материал и методы. Для создания комплекса были использованы следующие элементы:

1. Фотоплетизмограф ФПГ-02 (рисунок 1) и усилитель биопотенциалов (УБП4) для записи ЭКГ (рисунок 2), используемые для получения управляющих сигналов.

2. Микропроцессорная система Ардуино Нано для оцифровки данных, получаемых с датчика ФПГ и УБП4, отправки данных через USB порт на компьютер и управления вибромоторчиками.



Рисунок 1 – Фотоплетизмограф ФПГ-02



Рисунок 2 – Усилитель УБП4

Для приведения диапазона аналогового сигнала фотоплетизмографа к диапазону аналогово-цифрового преобразователя Ардуино был создан усилительный каскад (рисунок 3), позволяющий получать данные с максимальной точностью с учётом индивидуальных особенностей гемодинамики.

Программа для микропроцессора была написана на языке Ардуино таким образом, что частота дискретизации сигналов с датчиков составляет 200 Гц, чего достаточно для получения адекватной информации.

Идея, лежащая в основе алгоритма стимуляции следующая: использование меандра переменной скважности (8-ступенчатого) для управления интенсивностью вибрации, причём диапазон напряжений, соответствующий ступеням, для каждой последующей импульсной волны рассчитывается, исходя из информации о предыдущей импульсной волне. Для этого ведётся поиск напряжений, соответствующих крутизне нарастания анакроты и скорости спада катакроты импульсной волны. Из этой информации рассчитывается нижний порог для начала вибрации, а сам диапазон напряжений, соответствующий ступеням, который лежит в промежутке между порогом срабатывания и напряжением, соответствующим пику анакроты. И в каждый момент времени интенсивность стимуляции устанавливается в результате соотнесения текущего значения напряжения, получаемого от фотоплетизмографа с вышеуказанным диапазоном. Пусковым стимулом для подачи модулированного электрического напряжения на вибромоторчики является зубец R электрокардиограммы.

Таким образом, сила и интенсивность вибрации полностью зависят от формы импульсной волны. Это позволяет говорить о том, что в контур стимуляции введена биологическая обратная связь, так как форма импульсной волны зависит от перепада артериального давления крови в систолу и диастолу сердца, которое является естественным раздражителем для барорецепторов синокаротидной зоны.

Для приёма оцифрованных данных, записи их в удобной для последующей обработки форме и визуализации в реальном времени была написана программа на языке Питон (рисунок 4). Запись данных в память компьютера осуществляется в формате csv, удобном для обработки практически любой программой начиная с

Microsoft Excel, а не только написанными специально для данного программно-аппаратного комплекса.

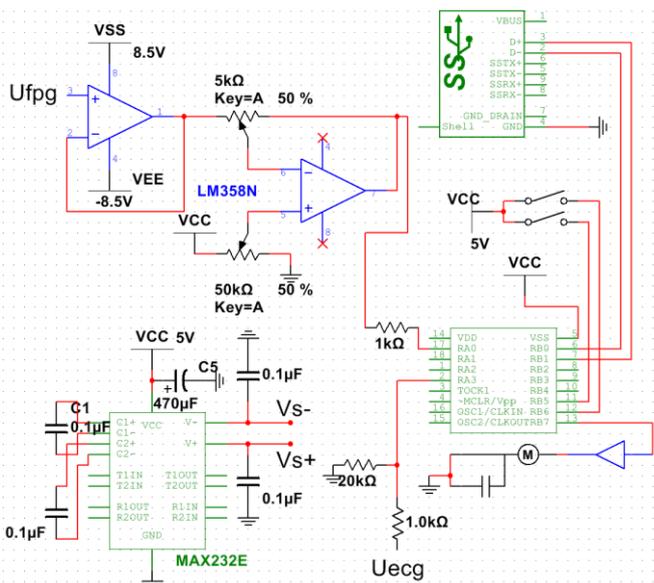


Рисунок 3 – Схема аппаратной части комплекса

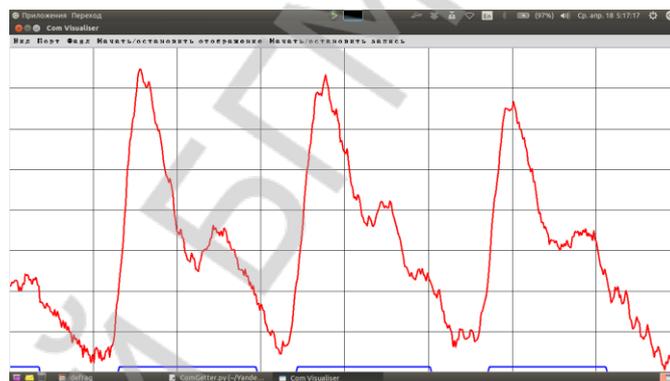


Рисунок 4 – Внешний вид окна программы для записи и визуализации принимаемых данных

В перечень программ, написанных для последующей обработки информации входят:

1 Программа для вычисления усреднённого временного интервала между зубцом R и пиком анакрыты пульсовой волны, соответствующей данному сокращению. Эта информация будет использоваться при введении задержки в контур стимуляции.

2 Программа для преобразования полученной ЭКГ в ряд кардиоинтервалов, для расчета variability сердечного ритма (VCP) с целью выявления влияния механической стимуляции барорецепторов на тонус автономной нервной системы [3] (рисунки 5 и 6).

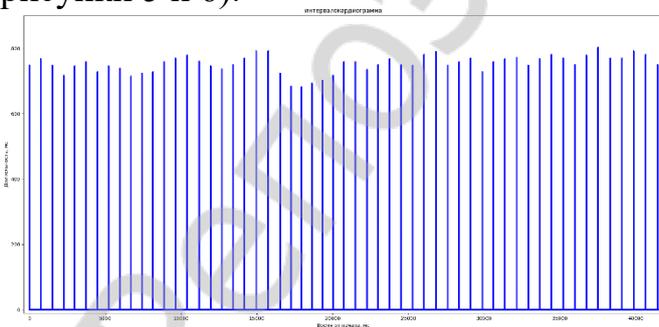


Рисунок 5 – Интервалокардиограмма

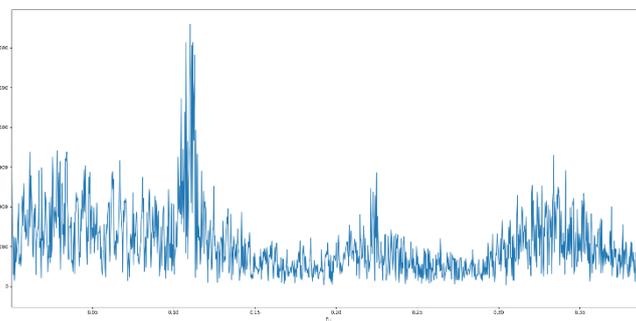


Рисунок 6 – Часть спектра после выполнения преобразования Фурье

Результаты и их обсуждение. В результате лабораторных испытаний созданного программно-аппаратного комплекса выявлено, что он способен параллельно оцифровывать и записывать данные с датчика ФПГ и сигналы ЭКГ с достаточной частотой дискретизации, выводить эти данные на экран в реальном

времени, а также впоследствии обрабатывать полученные данные для нахождения интересующей информации о ВСР [3].

Использование языка программирования Питон, программы на котором способны исполняться без дополнительных манипуляций на всех современных операционных системах, и конструкции аппаратной части комплекса, разработанный программно-аппаратный комплекс возможно использовать для визуализации и записи данных с любых датчиков, подходящих под параметры комплекса, на любом современном компьютере.

Выводы:

1. Спроектирован, собран и отлажен программно-аппаратный комплекс для механической стимуляции синокаротидной рефлексогенной зоны.
2. В созданном комплексе используется биологическая обратная связь.
3. Получаемые данные легко поддаются последующей обработке.
4. Созданный комплекс может быть применен для регистрации и обработки разнообразной биологической информации.

L. D. Ragunovich

**SOFTWARE-HARDWARE SYSTEM FOR MECHANICAL STIMULATION OF
THE CAROTID REFLEXOGENIC ZONE WITH BIOLOGICAL FEEDBACK
USAGE**

Tutor: professor A. I. Kubarko

*Department of Normal Physiology,
Belarusian State Medical University, Minsk*

Литература

1. Minimally invasive system for baroreflex activation therapy chronically lowers blood pressure with pacemaker-like safety profile: results from the Barostim Neo trial / U. C. Hoppe, M. C. Brandt, R. Wachter et al. // Journal of the American Society of Hypertension. – 2012. – № 6. – P. 270-276.
2. Методологические основы и аппаратное обеспечение поиска параметров электрического воздействия на синокаротидные рефлексогенные зоны / А. Г. Мрочек, А. Н. Осипов, И. Д. Козлов и др. // Доклады БГУИР. – 2016. – №7 (101). – С. 155-158.
3. Баевский, Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 106-127.