



УДК 004.422.8

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА**М.Г. Попов, М.В. Козырева, А.И. Киллер, Г.А. Столбовой**Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)
имени М.И. Платова

В данной статье представлена функциональная схема вычислительного блока регистрации электромиографии системы управления бионическим протезом. Описан алгоритм функционирования вычислительного блока. Проведена экспериментальная проверка устройства и моделирование устройства обработки электромиограммы сигнала в программной среде Multisim 14.

Ключевые слова: бионический протез, нейронная сеть, система управления, электромиография.

BIOMECHANICAL DENTURE SOFTWARE**M.G. Popov, M.V. Kozyreva, A.I. Killer, G.A. Stolbovoy**

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

This article presents a functional diagram of a computing unit for recording electromyography of a bionic prosthesis control system. An algorithm for the functioning of the computing unit is described. An experimental verification of the device and simulation of the device for processing the electromyogram signal in the software environment Multisim 14.

Keywords: bionic prosthesis, neural network, control system, electromyography.

Функциональная схема вычислительного блока регистрации электромиографии системы управления бионическим протезом представлена на рисунке 1

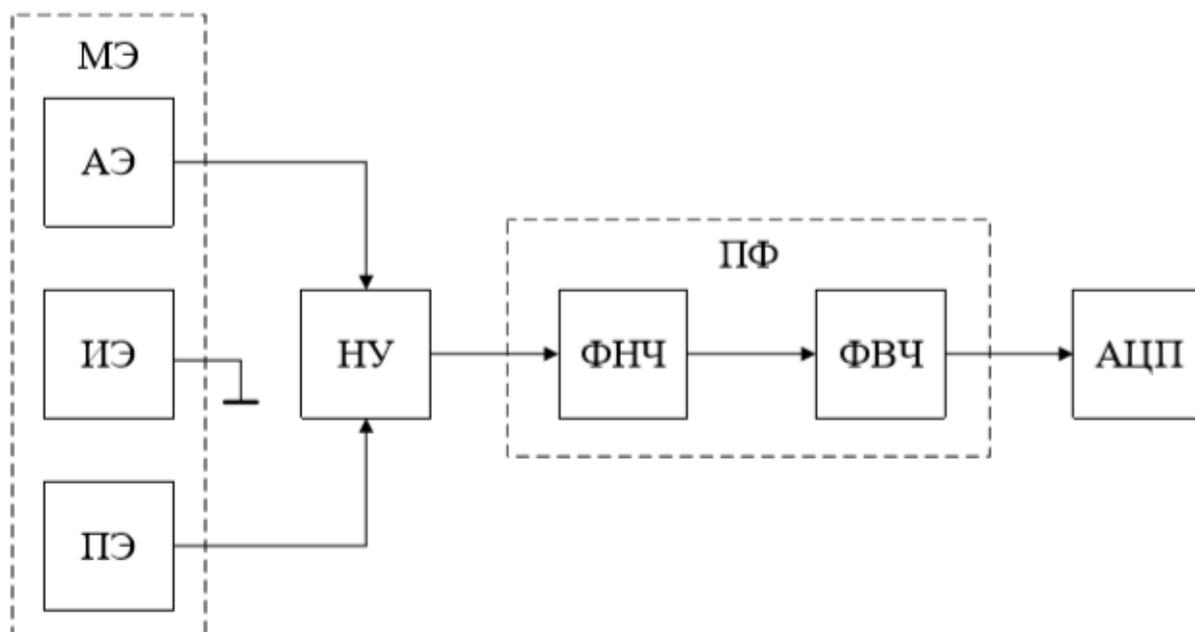


Рис.1- Блок-схема реализации системы управления интеллектуальной бионической конечностью

На схеме обозначены: МЭ –модуль электродов, АЭ –активный электрод, ПЭ – пассивный электрод, ИЭ – индифферентный электрод, НУ – нормирующий усилитель, ПФ – полосовой фильтр, ФВЧ – фильтр высокой частоты, ФНЧ – фильтр низкой частоты, АЦП – аналого цифровой преобразователь.

Схема работает по следующему алгоритму: активный АЭ, пассивный ПЭ и индифферентный ИЭ электроды расположены в местах расположения



мотонейронов (двигательных единиц). В момент возникновения намерения движения на электродах регистрируется биоэлектрическая активность, проявляющаяся ростом амплитуды сигнала ЭМГ. Сигнал ЭМГ усиливается нормирующим усилителем НУ, выполненным на основе инструментального усилителя с целью обеспечения защиты от синфазной помехи. Усиленный сигнал поступает на полосовой фильтр ПФ, полоса пропускания которого соответствует диапазону изменения сигнала ЭМГ. Далее сигнал оцифровывается с помощью АЦП и передаётся для дальнейшей обработки.

Блок схема алгоритма [1-3] функционирования представлена на рисунке 2



Рис.2- Алгоритм функционирования вычислительного блока

С целью экспериментальной проверки устройства было проведено моделирование устройства обработки ЭМГ сигнала в программной среде *Multisim 14* [4, 5]. Компьютерная модель канала обработки ЭМГ сигнала представлена на



рисунке 3. В качестве ЭМГ сигнала использовался сигнал, формируемый источниками гармонического сигнала.

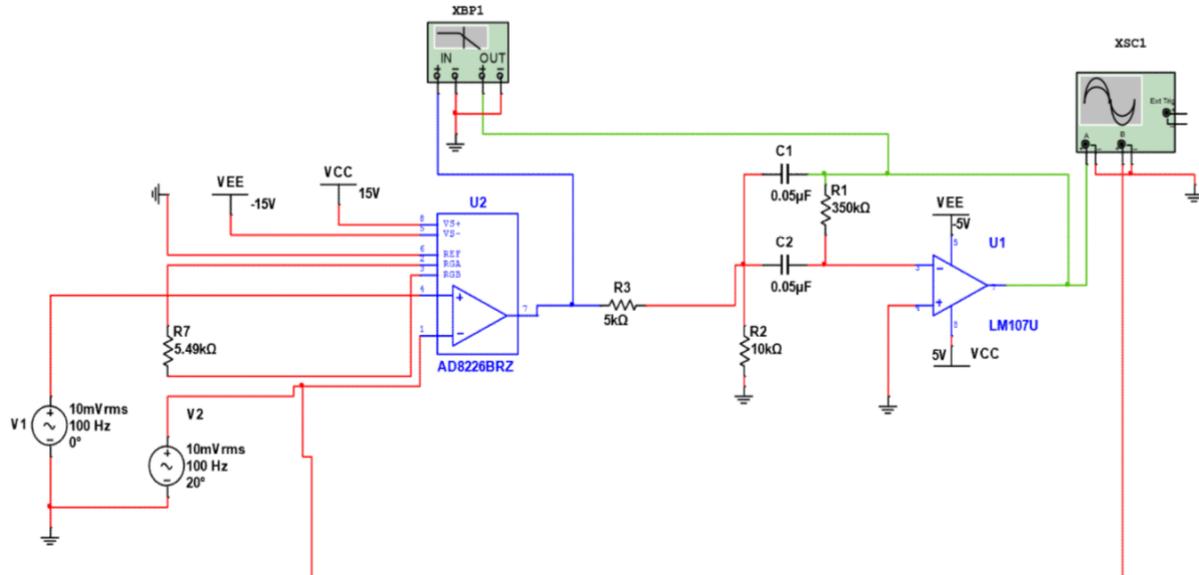


Рис.3- Математическая модель устройства обработки ЭМГ сигнала

На рисунке 4 приведены результаты моделирования устройства при минимальном ($U_{вх} = 10\mu\text{В}$) и максимальном входном сигнале ($U_{вх} = 10\text{ мВ}$) (рисунок Анализ осциллограмм показывает, что общий коэффициент усиления устройства составляет 200).

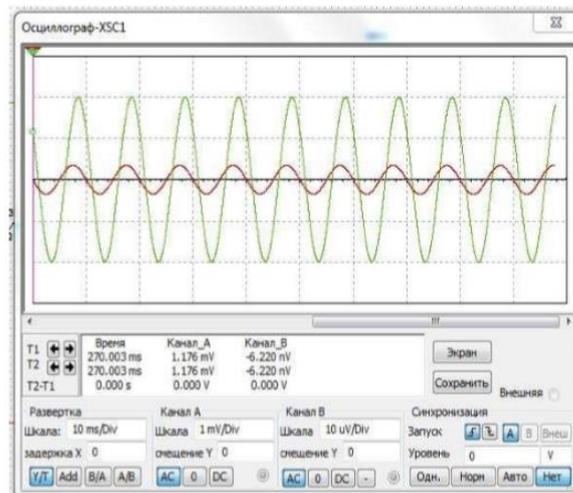


Рис.4- Осциллограммы входного и выходного сигнала при $U_{вх} = 10\mu\text{В}$

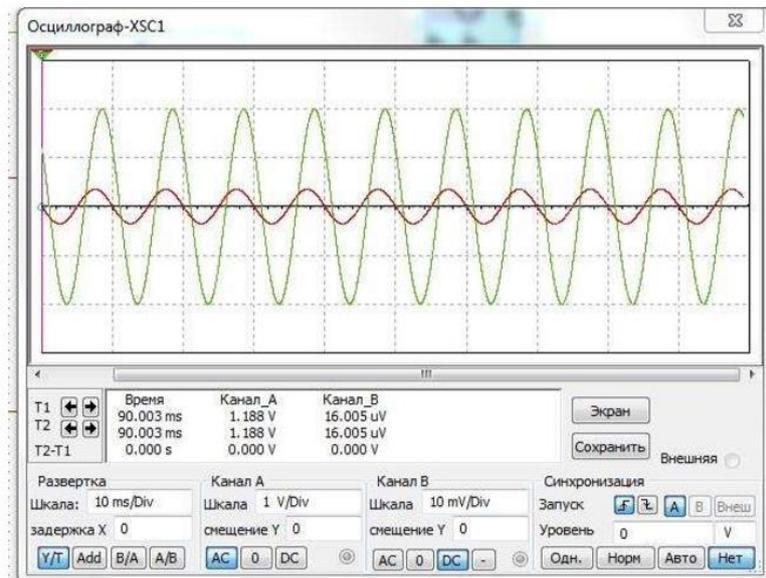


Рис.5- Осциллограммы входного и выходного сигнала при $U_{вх} = 10\text{мВ}$

Сигнал помехи создавался при помощи функционального генератора. Помеха моделировалась в диапазоне частот от 1Гц до 1кГц. Амплитуда сигнала помехи соответствовала максимальной амплитуде ЭМГ сигнала. Компьютерная модель устройства с учетом источника синфазной помехи приведена на рисунке 6

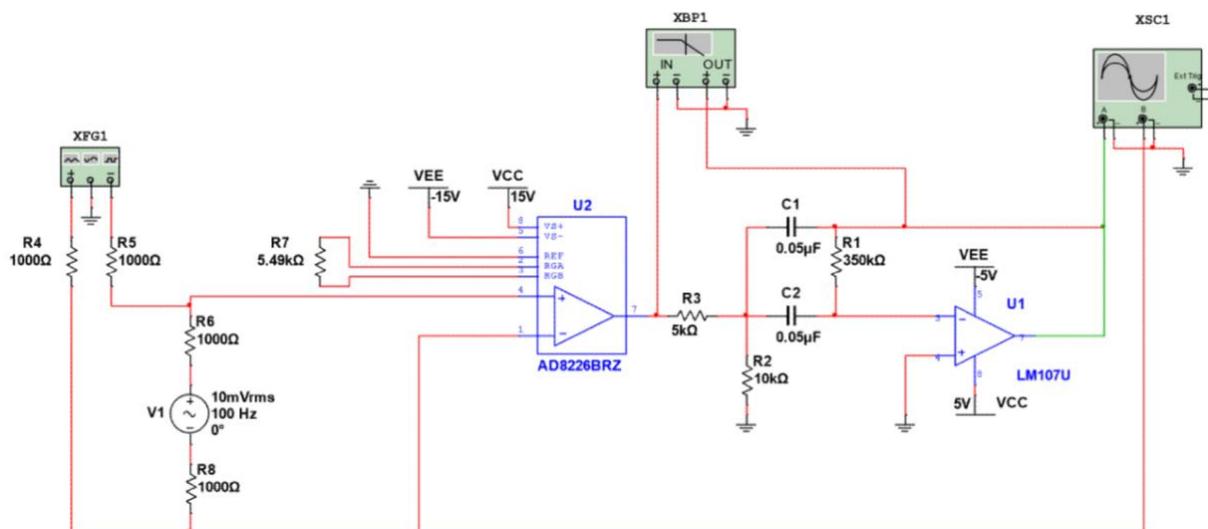


Рис.6- Компьютерная модель устройства обработки ЭМГ-сигнала с источником помехи

Полоса пропускания полосового фильтра соответствует расчетной. Лицевые панели функционального генератора и плоттера Боде приведены на рисунке 7. Полоса пропускания полосового фильтра соответствует расчетной.

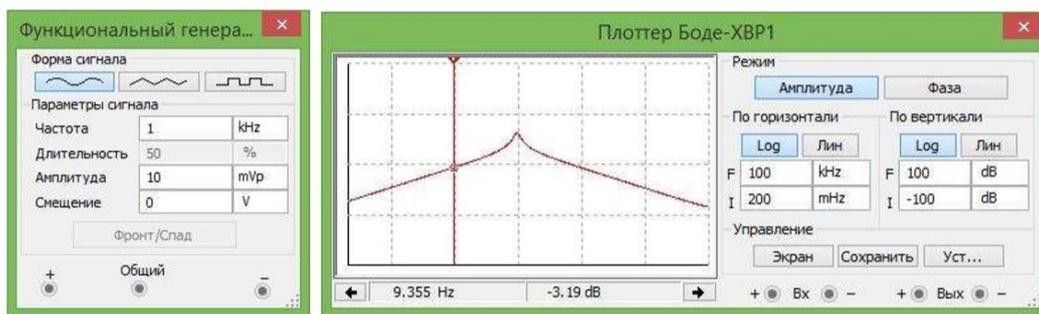


Рис.7- Схема моделирования и лицевые панели приборов: а - функционального генератора; б плоттера Бode

На рисунке .б приведены результаты моделирования работы устройства при подачи помехи. Анализ осциллограмм показывает, что, несмотря на уровень помехи, сопоставимый с уровнем измеряемого сигнала, погрешность выходного сигнала не превышает

$$\delta = \frac{\Delta U_{\text{пом}}}{U_{\text{вых}}} \cdot 100\% = \frac{2\text{мВ}}{2\text{В}} \cdot 100\% = 0,1\%$$

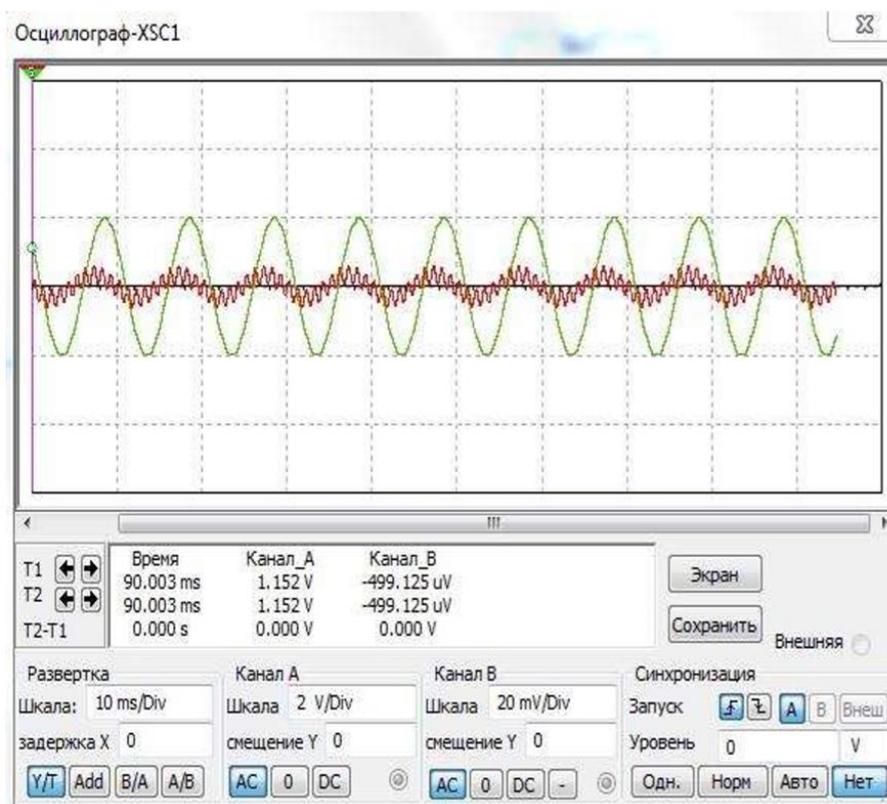


Рис.8- Результаты моделирования устройства при воздействии синфазной помехи

Результаты моделирования подтверждают работоспособность вычислительного блока и соответствие его характеристик работы системы, таких как: диапазон изменения амплитуды входного дифференциального напряжения составляет от 0,01 до 10 мВ; диапазон изменения частоты входного сигнала



составляет от 10 Гц до 250 Гц; диапазон изменения выходного напряжения составляет $50\text{мВ} \pm 2,2\text{ В}$ Разработанный вычислительный блок обеспечивает подавление синфазной помехи как при частотах ниже 10Гц, так и выше 250 Гц, при этом уровень синфазной помехи по амплитуде сопоставим с амплитудой измеряемого ЭМГ сигнала.

Список цитируемой литературы:

1. Ланкина М.Ю., Бакланов А.Н., Акулов М.С. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России» – 2019 – №1. – Режим доступа: https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_2efcdbfee6084753a95a58bb419b1e3e.pdf (дата обращения: 1.06.2019)
2. Угловский А.Н., Чернышова Е.Н., Гульматова Е.С. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАВЛЕНИЯ // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России» – 2019 – №1. – Режим доступа: https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_e6521f94ec124e3ca13e1378078ed5d4.pdf (дата обращения: 1.06.2019)
3. Угловский А.Н., Гульматова Е.С., Лях В.А. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России» – 2019 – №1. – Режим доступа: https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_6c53749b126c4c9c892c73972c6b4278.pdf (дата обращения: 1.06.2019)
4. Г.А. Столбовой, М.Г. Попов, М.В. Козырева, А.И. Киллер ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России» – 2019 – №2. – Режим доступа: https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_ba0031e9208945d3a5ee325f6fd8a2c5.pdf (дата обращения: 1.06.2019)
5. О.Ю. Бушуев, М.А. Моторина ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ // Электронный научный журнал «Вестник молодёжной науки России» – 2019 – №2. – Режим доступа: https://07992ba4-dcc8-4e97-a627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_2d3babf52c2c4175be20dc010ce46970.pdf (дата обращения: 1.06.2019)

© М.Г. Попов, М.В. Козырева, А.И. Киллер, Г.А. Столбовой, 2019