

ОСОБЕННОСТИ БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗИРОВАНИЯ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Вонсевич К.П., Безуглый М.А.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»
Киев, Украина

В сложной структуре последствий локальных и глобальных мировых военных конфликтов, травматизма на производстве, врождённых аномалий, дисваскулярности, неоплазии и бытовых травм разного рода, одним из самых значимых факторов выступает потеря конечностей. Так, согласно статистике, показанной в статье [1], в следствии приведённых выше первопричин, в наиболее продуктивном возрасте – от 16 до 54 лет, происходит ампутации рук, ног и их отдельных частей, в том числе и фаланг конечности.

Для преодоления последствий ампутаций, в случаях, где это возможно, могут использоваться несколько медицинских техник, среди которых наиболее продуктивными можно считать трансплантацию и протезирование.

Как известно, протез – это устройство, которое может эстетически или функционально заменить ампутированную часть тела человека. Среди различных вариантов протезных решений, наиболее доскональным и перспективным решением является технология бионического протезирования. Бионический протез – это комплексное устройство, с помощью которого человек может исполнять ряд движений и функций, необходимых в повседневной жизни, а процесс управления им происходит в следствии анализа биологических сигналов непосредственно от ампутанта.

Для изготовления и проектирования качественного бионического протеза исследователю необходимо обеспечить выполнение целого ряда критериев, таких как: наличие достаточного количества степеней свободы, возможность интуитивного управления, внешнее сходство устройства с здоровой конечностью, максимальная энергонезависимость и габаритные размеры. Более того, учитывая среду применения данного типа устройств, для его дальнейшей медицинской имплементации разработчику необходимо придерживаться ряда требований и критериев, присущих медицинским изделиям, в частности – по токсичности используемых в изготовлении материалов и веса готового устройства.

Фактически, проектируя бионические протезы верхних конечностей, исследователи решают целый ряд проблем, связанных с особенностями конструкции приборов, системой управления, наличием тактильной обратной связи, источником питания и другими факторами, которые в конечном счёте и формируют выходные

характеристики прибора и, как следствие, его стоимость.

Исходя из этого, можно утверждать, что каждая отдельная модель бионического протеза является уникальным устройством, с наличием или отсутствием тех или иных функций, но основные функциональные блоки, присущие системам бионических протезов, остаются унифицированными. Пример обобщённой схемы бионического протезного устройства приведен на рисунок 1.



Рисунок 1 – Обобщённая схема бионического протезного устройства верхней конечности

Каждый из описанных функциональных блоков имеет свою значимость в обеспечении корректной работы системы, и должен учитывать не только технико-конструктивные трудности, возникающие в подобном типе устройств, но и отдельные анатомические особенности конечности и специфичность функционирования опорно-двигательного аппарата и нервной системы человеческого организма.

По состоянию на сегодняшний день, существует множество исследований в области бионического протезирования верхних конечностей, где используются различные типы конструкций и систем управления, которые базируются на использовании различных методов измерения биологического сигнала. Наиболее распространённым методом организации системы управления бионическим протезным устройством является использование в качестве управляющего сигнала, полученный методом электромиографии.

Возвращаясь к обобщённой схеме бионического протезного устройства верхних конечностей, при проектировании системы измерения сигнала, важно учитывать не только его очень низкую амплитуду, но и шумовую составляющую. Электромагнитное излучение, артефакты движения конечности, дрейф измерительных

датчиков, температурные колебания и артефакты в следствии работы сердечного органа [2] – это лишь часть помех, которые должны быть отсечены от полезного сигнала, при измерении электромиограммы для дальнейшего её использования в протезировании.

Кроме того, не менее важной особенностью измерения миограм при протезировании является использование поверхностных измерительных электродов разных типов (активных, пассивных, сухих, гелиевых и.т.д), а также их месторасположение на здоровой части конечности.

В зависимости от тех типов движений, которые в теории должен восполнять протез верхней конечности, основными группами мышц, исследуемыми при бионическом протезировании являются: *flexor pollicis longus*, *extensor pollicis longus*, *flexor carpi uninaris*, *flexor carpi radialis*, *flexor palmaris longus extensor*, *carpi ulinaris* [3] и.т.д.

Говоря о системе обработки зарегистрированной информации, важно учитывать довольно сложную форму получаемого сигнала, а также особенности его распознавания и классификации. Так, измеренный, усиленный и отфильтрованный сигнал электромиограммы имеет в своей структуре несколько фаз и ряд определённых характеристик. При проектировании систем обработки миографического сигнала, после записи миограммы, исследователи прежде всего обеспечивают её анализ с помощью разнообразных математических методов (вейвлет преобразования, преобразования Фурье и.т.д). Этот процесс происходит путём выделения характеристических особенностей (таких как авторегрессионные коэффициенты, временные, частотные характеристики и.т.д.) передаточной функции, которые в дальнейшем могут использоваться для классификации измеренного сигнала в соответствии с типом исполняемого движения.

Классификация ЭМГ сигналов и дальнейшее машинное обучение проектируемой системы – один из наиболее сложных этапов в изготовлении бионических протезных устройств. Для реализации этой задачи, исследователями, в основном, используются отдельные уже наработанные математические методы и техники, с возможностью их комбинационного применения и введением определённых изменений. К таким методам можно отнести метод опорных векторов, методы нечёткой логики, нейро-нечётной логики, штучных нейронных сетей и.т.д.

Обеспечение же проектируемого протеза системой обратной связи, так же возможно путём

комбинации различных решений, например – на основании датчиков давления, ультразвуковых датчиков, вибро-моторов и других конструкторских идей, связанных со сбором и передачей тактильной информации к телу пользователя.

Учитывая мобильность рассматриваемых устройств и их функциональное предназначение, не менее важным остается вопрос обеспечения питания в бионических протезах, где габаритные размеры и емкость используемых источников питания должны обеспечивать энергонезависимость протеза хотя бы на 5 часов непрерывной работы.

Итак, исходя из проанализированной информации, авторами было определено основные особенности проектирования бионических протезов верхних конечностей, которые будут использованы в дальнейшем построении собственного устройства.

Авторами был выделен метод электромиографии, как основной и наиболее распространённый метод организации систем управления бионических протезов, который и будет использован в качестве базиса при проектировании собственного инженерного решения.

Для упрощения процесса проектирования и изготовления протеза авторами планируется использование готовой системы измерения электромиографического сигнала, с последующим построением математической модели его верификации, в зависимости от типа используемых в исследовании движений верхней конечности.

Основной целью разработки нового устройства является создание бионического протезного решения, для использования его в случаях частичной ампутации пальцев рук и возможной дальнейшей организацией системы вибро-тактильной обратной связи.

1. Clement, R.G.E. Bionic prosthetic hands: A review of present technology and future aspirations // *The Surgeon*. – 2011. – № 9. – С. 336-340.
2. Rubanna H.C, Mamun B.I.R, Mohd A.B.M.A. Surface Electromyography Signal Processing and Classification Techniques // *Sensors*. – 2013. – № 13. – С. 12431-12466.
3. Balbinot A, Schuck A.J, Favieiro G.W. Decoding Arm Movements by Myoelectric Signal and Artificial Neural Networks // *Intelligent Control and Automation*. – 2013. – № 4. – С. 87-93.