

МАКЕТИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА С БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

А.Н. Варнавский (РГРТУ)

Описывается созданный макет манипулятора с биоэлектрическим управлением. Манипулятор сделан в форме человеческой ладони, движение пальцев которой управляется через электромиосигналы оператора. В среде LabVIEW разработан виртуальный прибор, позволяющий с помощью дискретного вейвлет-преобразования осуществить анализ электромиосигналов оператора, определить моменты мышечной активности и сформировать по результатам анализа сигналы управления манипулятором.

Ключевые слова: биоэлектрическое управление, электромиосигнал, макет человеческой ладони, устройство сбора данных, сервопривод, вейвлет-преобразование.

Введение

Понятие автоматизации ТП подразумевает ограниченное участие человека непосредственно в самом процессе вплоть до полного его исключения. Однако в большинстве случаев полностью исключить участие человека не представляется возможным. Это происходит потому, что управление оборудованием, наладка, смена инструмента, транспортировка и многие другие операции не могут быть выполнены по тем или иным причинам без человеческого вмешательства [1].

Работа в пожароопасных и взрывоопасных средах, с химическими и биологическими веществами, в зоне крайне высоких и чрезвычайно низких температур зачастую требует участия человека, представляя реальную угрозу его здоровью и жизни. Применение средств автоматизации в таких ситуациях позволяет свести к минимуму возможные производственные риски.

Во многих производственных операциях используются мехатронные устройства и манипуляторы, которыми управляет оператор. Причем традиционным является управление таких устройств с помощью пультов, джойстиков. Другим вариантом управления является биоэлектрическое управление, которое осуществляется с помощью биоэлектрических сигналов оператора. Такой способ управления хорошо подходит для выполнения операций, в которых поведение манипулятора должно совпадать с поведением частей тела человека. Биоэлектрическое управление являет-

ся относительно новым и многообещающим методом управления, возможности которого еще не реализованы в полной мере [2].

Целью работы является создание макета манипулятора с биоэлектрическим управлением. В качестве управляющих выбраны электромиосигналы (ЭМС) за счет простоты их регистрации и представления в удобной для управления форме.

Электромиосигналы

Электромиосигналы возникают при сокращении скелетных мышц [3], то есть генерация таких импульсов подконтрольна человеку и происходит осознанно в отличие, например, от электрокардосигналов. ЭМС обладают высокой информативностью, поскольку отражают сдвиги физиологических показателей во времени и могут быть представлены в виде функциональной зависимости, а также удобством в обработке данных, так как представляют собой разность потенциалов и могут быть переведены в любую необходимую форму (например, в цифровой код) для последующей обработки. Удобна регистрация ЭМС плоскими электродами, закрепляемыми на поверхности кожи оператора, что отвечает требованиям экономичности и практичности конструкции.

Плоские электроды парно или в виде массива из множества электродов закрепляются на поверхности кожи, находящейся над рассматриваемым участком мышечной ткани. Такие электроды обладают большими габаритами в сравнении с внутримышечными: площадь контакта активной части такого электрода в среднем составляет 1 см². Поэтому снимаемый потенциал представляет собой результат суперпозиции потенциалов всех волокон, воздействующих на данную точку крепления электрода, и дает суммарную (глобальную) информацию об измеряемой мышечной активности. При увеличении расстояния между электродами амплитуда регистрируемого мышечного сокращения увеличивается [4].

Величина получаемого сигнала зависит от ряда факторов: способа наложения электродов, их вида, времени

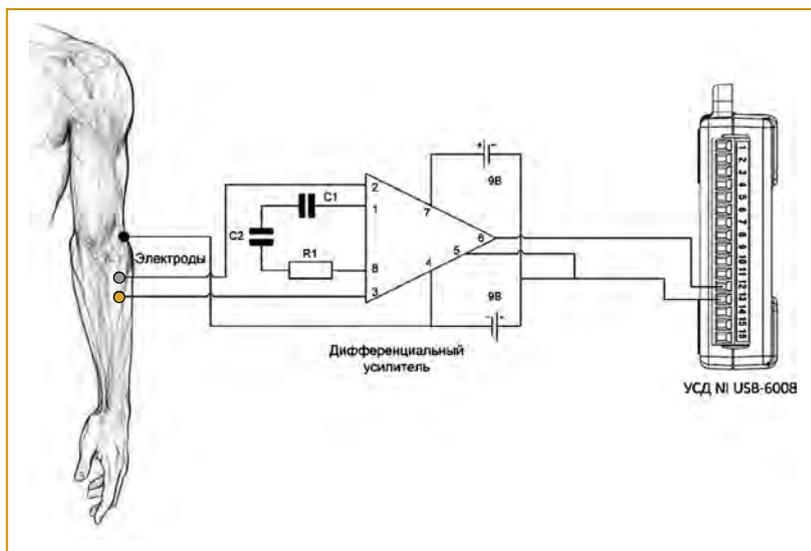


Рис. 1. Схема регистрации электромиосигналов

Виртуальный прибор для управления манипулятором

Лицевая панель разработанного в LabVIEW виртуального прибора (рис. 3) имеет три секции, каждая из которых предназначена для решения конкретной задачи.

Секция «Съем сигнала» содержит график для отображения входного усиленного ЭМС, два индикатора амплитуд «Макс. А» и «Мин. А», колесо «Калибровка» с индикатором текущего значения калибровки, логический световой индикатор и индикатор, подсчитывающий число входных выборок сигнала. Колесо «Калибровка» подстраивает чувствительность отклика системы на амплитуды разных величин, так как у различных пользователей этой системы характеристики ЭМС будут отличаться по различным причинам: свойств кожного и подкожного слоев, физического развития и т. д. Логический световой индикатор отображает появление сигнала, амплитуда которого достаточна для выработки управляющего воздействия.

Секция «Обработка сигнала» отображает результаты анализа полученного ЭМС с помощью дискретного вейвлет-преобразования. Восемь спектральных графиков иллюстрируют приближенные и детальные составляющие раскладываемого исходного сигнала на четырех уровнях представлений.

При выборе в качестве аппарата анализа ЭМС вейвлет-преобразований учитывались следующие факторы. Во-первых, ЭМС — нестационарны, то есть частота этих сигналов непрерывно меняется со временем. Во-вторых, амплитудно-частотная характеристика данных сигналов напрямую зависит от множества факторов: датчиков съема и регистрации сигналов, свойств кожного и подкожного покрова человека, схемы усиления и аналого-цифрового преобразования и т. д., что сказывается на характеристиках снимаемого сигнала и соотношения сигнал/шум. Метод вейвлет-преобразований позволяет выделять полезную информацию и анализировать частотные характеристики нестационарных сигналов в отличие, например от преобразования Фурье, а также хорошо подавляет вредные низкочастотные компоненты вроде шумов.

Вейвлет-преобразование — это выявление частотных особенностей сигнала, в том числе временной локализации частотных составляющих, а с точки зрения математики — это разложение сигнала на вейвлет-коэффициент, представляющие комбинации из материнского вейвлета и исходного сигнала. Материнский вейвлет — это функция двух переменных, заданная аналитически или с помощью итерационных выражений. Переменные такой функции: a — масштаб, аналог частоты, и b — сдвиг, аналог положения во временной области [8].

Процесс анализа можно представить следующим образом. Условное «окно» с вейвлет функцией, характеризующееся шириной (масштабом a) и сдвигом b по временной оси, «пробегает» весь исходный сигнал, причем происходит это несколько раз на различных масштабах. Вейвлет функция сравнивается с сигналами

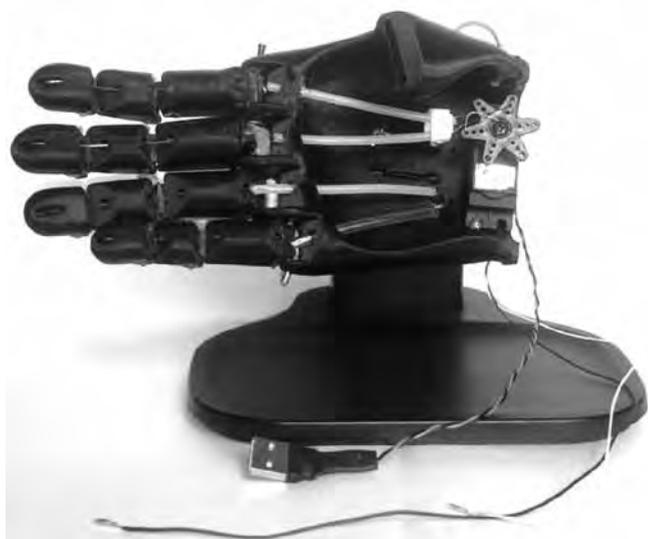


Рис. 2. Вид созданного макета ладони человеческой руки

и интенсивности мышечного сокращения, физиологических свойств испытуемого (свойств подкожных тканей, физического развития, состояния кожи) [5].

Структура макета

Регистрируемые поверхностными электродами ЭМС слишком малы по величине (от нескольких мкВ до десятых долей мВ) и не могут быть распознаны процессором (микроконтроллером). Поэтому первым блоком устройства для регистрации и анализа ЭМС должен являться усилитель биопотенциалов. В данной работе изготовлен дифференциальный усилитель на основе микросхемы INA128P [6].

В качестве микропроцессорного устройства обработки и анализа выбран ПК. Для передачи сигнала с выхода дифференциального усилителя в компьютер использовано устройство сбора данных (УСД) National Instruments USB-6008, содержащее 12-разрядный АЦП (рис. 1).

Обработку и анализ ЭМС в ПК осуществляет виртуальный прибор, разработанный в среде LabVIEW [7]. Виртуальный прибор осуществляет фильтрацию и вейвлет-преобразование сигнала для выявления момента мышечного сокращения. Также виртуальный прибор по результатам анализа ЭМС осуществляет выработку управляющих сигналов ШИМ для мехатронного устройства.

В качестве мехатронной системы выбран макет ладони человеческой руки, распечатанный на 3D принтере (рис. 2). В макет встроены сервопривод постоянного тока FS5106S. Вращение серводвигателя приводит в движение пальцы кисти руки макета. Устройство сбора данных USB-6008 передает сигнал управления, сформированный виртуальным прибором, на сервопривод.

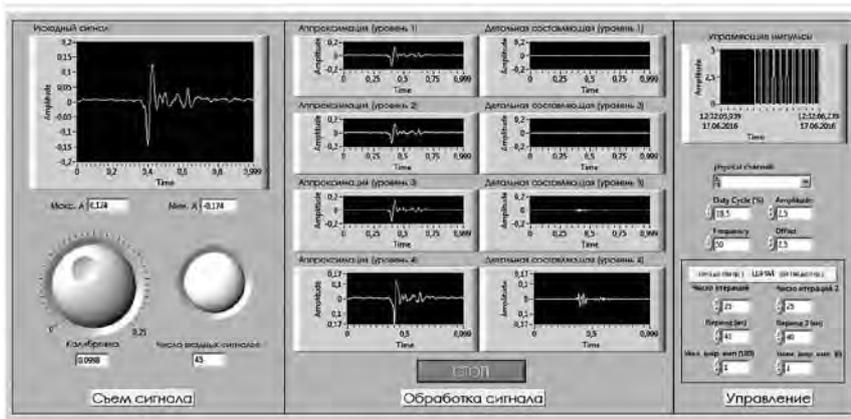


Рис. 3. Лицевая панель виртуального прибора, управляющего манипулятором

лом, затем происходит их скалярное произведение, которое интегрируется для получения вейвлет-коэффициентов [8].

При дискретном вейвлет-преобразовании параметры анализа, как правило, задаются степенными функциями. Используется пирамидальный алгоритм вычислений, в результате которого получается ниспадающее дерево по уровням декомпозиций, состоящее из базисных вейвлет-функций, где исходный сигнал раскладывается на приближенную составляющую и детальную. Далее полученная приближенная составляющая раскладывается еще на две составляющих и т.д. В [9] указано, что наилучшая производительность такого анализа достигается при четырехкратном разложении.

Полученный в результате множества преобразований сигнал используется для выработки управляющих воздействий для приведения частей макета в движение в требуемые моменты времени.

Секция «Управление» содержит элементы, которые задают параметры управляющего воздействия. Раскрывающееся подменю Physical channel служит для выбора выходного канала контроллера, в данном случае УСБ USB-6008. Элементы Duty cycle,

Amplitude, Frequency и Offset задают параметры генерируемого управляющего сигнала: длительность включения, амплитуду, частоту и смещение. Окно «ШИМ» размещено на панели для тонкой подстройки широтно-импульсной модуляции, с помощью которой осуществляется управление сервоприводом (поворотом на нужный угол). По умолчанию необходимые параметры для ШИМ заданы и требуют изменений лишь в том случае, если нужно поменять угол поворота в ту или иную сторону.

Работоспособность макета

Для наглядной демонстрации работы биоэлектрической системы управления, а именно управления приводом манипулятора электромиосигналами, снимаемыми со скелетных мышц человека, собран макет, состоящий из:

- входной части для съема ЭМС и преобразования их для последующей обработки: липких поверхностных электродов; дифференциального усилителя на базе INA128P; входной цепи УСБ USB-6008;
- программной части для обработки сигналов и генерации управляющих импульсов: ПК; виртуального прибора, разработанного в среде LabVIEW;
- выходной части для передачи их на орган управления: выходной цепи УСБ USB-6008 для передачи управляющих сигналов на манипулятор; манипулятора в форме человеческой руки.

Два съемных электрода крепятся на предплечье на расстоянии 2 см друг от друга. Референсный («нулевой») электрод крепится на области, мышцы которой не совершают никакие движения, например, на локте. Для наибольшей чувствительности электродов и лучшего контакта с кожей предпочтительно подготовить участок крепления соответствующим

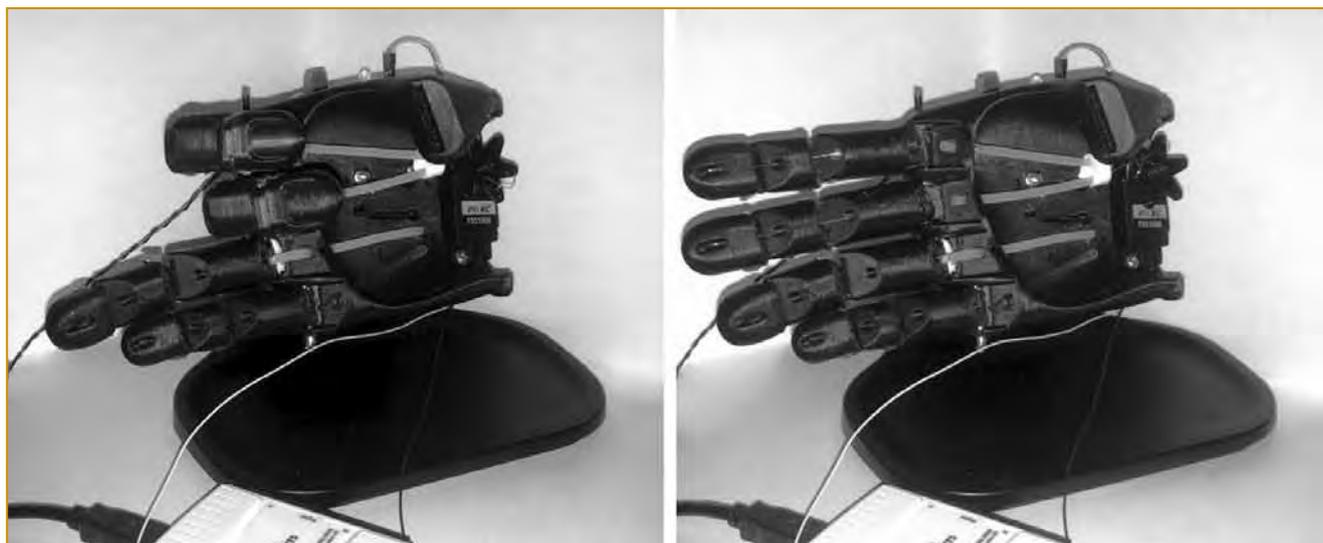


Рис. 4. Реакции макета на первое и второе мышечные сокращения соответственно

образом: удалить частицы отмершей кожи, смазать участок физиологическим раствором или проводящим гелем [4].

Макет работает следующим образом: при первом мышечном сокращении осуществляется движение «сжать» макетной руки, а при втором — «разжать», то есть вернуть в исходную позицию и т.д. Работа созданного макета при двух мышечных сокращениях показана на рис. 4.

Заключение

Применение систем биоэлектрического управления позволит увеличить многофункциональность и мультизадачность отдельных мехатронных исполнительных устройств, так как все операции будут полностью зависеть от действий оператора. Биоэлектрические манипуляторы могут найти свое применение для тех областей, где действия манипуляторов должны повторять действия частей тела человека. Соответственно подобный подход позволит повысить точность и гибкость действий машины. Помимо производственной сферы можно найти применение таких манипуляторов в быту, медицине, космической, подводной и воздушной технике, военных целях. Появление технологий виртуальной реальности также требует новых возможностей в управлении и ориентации в виртуальном пространстве, которые могут быть реализованы с применением «человеко-машинных» интерфейсов. Экзоскелеты, высокотехнологичные биомеханические протезы, системы управления интерфейсами и транспортом также основываются на данной технологии и могут использовать результаты данной работы.

*Варнавский Александр Николаевич — канд. техн. наук, старший научный сотрудник/доцент
Рязанского государственного радиотехнического университета.
Контактный телефон (4912) 46-03-43.
E-mail: varnavsky_alex@rambler.ru*

Таким образом, реализация созданной макетной системы с биоэлектрическим управлением может использоваться в производственных и непромышленных целях. При этом параллельно может быть осуществлена оценка функционального состояния оператора.

Список литературы

1. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: учебник для студентов высших учебных заведений. М: Издательский центр «Академия», 2007. 368 с.
2. Гурфинкель В.С., Малкин В.Б., Цетлин М.Л., Шнейдер А.Ю. Биоэлектрическое управление. М.: Наука, 1972. 245 с.
3. Reaz M.B.I., Hussain M.S., Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications // Biological Procedures Online. 2006, Volume 8, Issue 1, pp. 11-35.
4. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2003. 264 с.
5. Wang Ning, Yang Chenguang, Lyu M.R., Li Zhijun. "An EMG Enhanced Impedance and Force Control Framework for Telerobot Operation in Space" // Proceedings of the 2014 IEEE Aerospace Conference, Big Sky (Aerospace 2014), Montana, USA, 2014, pp. 1-10.
6. Сафин Д.Р., Пильщиков И.С., Гусев В.Г., Ураксеев М.А. Оценка эффективности различных конструкций электродов и усилителей биосигналов в системах управления протезами // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2009. №2. С.88-101.
7. Магда Ю.С. LabVIEW: практический курс для инженеров и разработчиков. М.: ДМК Пресс, 2012. 208 с.
8. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования: учеб. пособие. Новосибирск: Изд. НГТУ, 2003. 104 с.
9. Phinyomark A., Limsakul C., Phukpattaranont P. Application of wavelet analysis in EMG feature extraction for pattern classification // Measurement Science Review. 2011. V. 11, Issue 2, pp. 45-52.

PwC Game of Threats: имитация киберугроз

Согласно проведенному PwC общемировому исследованию по вопросам обеспечения информационной безопасности, в России число зарегистрированных инцидентов в сфере информационной безопасности в 2015 г. выросло в 2,5 раза по сравнению с 2014 г., а число случаев краж интеллектуальной собственности за тот же период выросло в 2,8 раза. И, судя по тому, что киберпреступники становятся все более изобретательными, а во внешней среде по-прежнему сохраняется волатильность, эти тенденции в 2016 г. будут только усиливаться.

Вследствие этого все больше компаний в целях защиты своих важнейших информационных активов и секретной служебной информации начинают вкладывать существенные средства в системообразующие механизмы обеспечения безопасности, чтобы повысить эффективность защиты своих экосистем от возникающих угроз. По данным того же опроса, 61 % компаний активно следит за сообщениями о кибератаках и киберугрозах.

В связи с этим фирма PwC создала интерактивную игру "PwC Game of Threats: имитация киберугроз". Игра дает

возможность руководителю компании стать участником имитированной кибератаки, которая могла бы произойти в реальной жизни. Подобная имитация позволяет лучше понять, какие меры необходимо принять для защиты организации. Игровая среда создает реалистичную ситуацию, когда обе команды (обороняющаяся компания клиента и атакующая сторона) должны оперативно и на основании минимального объема информации, ресурсов и времени принять решения, которые могут иметь серьезные последствия.

Эксперты PwC в области кибербезопасности выступают в роли тренеров, предлагая игрокам реалистичные сценарии с описанием различных типов киберпреступников и их излюбленных методов, и объясняют, что можно сделать для обнаружения или предотвращения атак, а также своевременного реагирования на совершенные атаки. Высокий уровень интерактивности и возможность имитирования реальных угроз позволяет руководству компаний, включая топ-менеджеров и членов совета директоров, получить бесценную аналитическую информацию о кибербезопасности.

[Http://www.pwc.ru](http://www.pwc.ru)