

УДК 616-77

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ ПЛЕЧА С УСТАНОВОЧНЫМ ЛОКТЕВЫМ МЕХАНИЗМОМ

В.П. ЧЕРНЫШЕВ, Е.В. ВЫСОЦКАЯ, А.А. ЧЕРНЫШЕВ, С.А. ЧЕРНЫШЕВ

В данной статье рассматривается подход к построению устройства управления многофункциональным биоэлектрическим протезом руки с установочным локтевым механизмом. Предлагаемое устройство управления реализует следующие функции: схват – раскрытие кисти, пронация – супинация кисти, сгибание и разгибание локтевого сустава.

Ключевые слова: биоэлектрический протез, усеченная мышца, усилитель биопотенциалов.

ВВЕДЕНИЕ

Для восстановления жизненно-важных функций у инвалидов создаются новые конструкции протезов верхних конечностей с различными способами управления.

Одним из наиболее перспективных является способ биоэлектрического управления протезами верхних конечностей, который наиболее приближен к естественному.

В настоящее время разработано большое количество биоэлектрических протезов верхних конечностей как в нашей стране, так и за рубежом. Они отличаются друг от друга способами обработки биоэлектрического сигнала с целью выделения полезной информации, способами преобразования обработанного сигнала для получения требуемого качества управления исполнительными механизмами.

Известные устройства [1-6], имеют ряд недостатков, таких как: сложность системы управления и сложность подключения к ним исполнительных механизмов (ИМ), при их большом количестве, и большое энергопотребление биоэлектрическим протезом в целом, за счет использования локтевого механизма с электроприводом большой мощности.

Поэтому необходимо разработать устройство управления биоэлектрическим протезом плеча с

установочным локтевым механизмом и электроприводом малой мощности, позволяющее при большом количестве ИМ сократить время их подключения к системе управления, а также снизить энергопотребление.

1. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ РУКИ

Структурная схема многофункционального устройства для управления биоэлектрическим протезом плеча представлена на рис. 1.

Структурная схема многофункционального устройства для управления биоэлектрическим протезом плеча состоит: Э1, Э2 – электроды; УБП1, УБП2 – усилители биопотенциалов; Д1, Д2 – детекторы; Σ – сумматор; ИП – двухканальный импульсный преобразователь; УМ – усилитель мощности; МП – микропереключатель; КР – Контакты реле; ПЛ – электропривод локтя; ПК – электропривод кисти; ПР – электропривод ротации; ФИ1, ФИ2 – формирователь импульсов; & – схема «И»; СТ – счетный триггер; Р – реле; ИП – источник питания.

Управление биоэлектрическим протезом осуществляется инвалидом в два этапа: вначале выбор нужного ИМ, затем – управление им. От

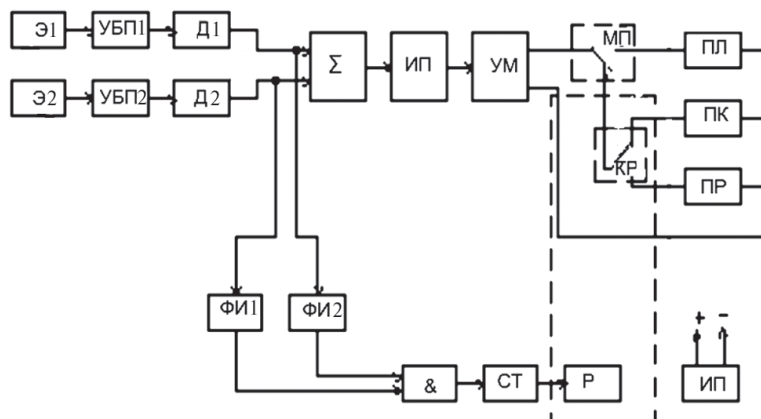


Рис. 1. Структурная схема многофункционального устройства для управления биоэлектрическим протезом плеча

того, как построена система управления, какие управляющие сигналы требуется подавать инвалиду, зависит качество выполняемого протезом движения и утомляемость инвалида.

Для выполнения движения схвата — раскрытия кисти, инвалид включает блок питания. При этом элементы системы управления устанавливаются в исходное состояние, при котором к ней подключен электропривод искусственной кисти. При поочередном сокращении мышц культи плеча (двуглавой или трехглавой) биосигналы с них передаются через усилитель биопотенциалов, детектор, сумматор, двухканальный импульсный преобразователь на усилитель мощности, в диагональ которого подключен электропривод кисти. В результате происходит вращение двигателя электропривода искусственной кисти, осуществляя схват при напряжении двуглавой мышцы или раскрытие пальцев при напряжении трехглавой мышцы, пропорционально разностному сигналу с управляющих мышц.

Для включения ИМ локтевого узла инвалид осуществляет натяжение тяги, с помощью которой инвалид производит расфиксацию и фиксацию локтя, а также включает и выключает микропереключатель. При натяжении тяги микропереключатель подключает электропривод локтя. При сокращении управляющих мышц плеча разностью биопотенциалов этих мышц инвалид аналогично управлению искусственной кистью проводит пропорциональное управление электроприводом локтевого узла. При достижении локтевым узлом заданного положения инвалид отпускает тягу. Микропереключатель возвращается в исходное положение и отключает при этом электропривод локтевого узла.

Для реализации ротации искусственной кисти инвалид производит одновременное сокращение

мышц — антагонистов. При этом сигналы с детекторов поступают на формирователи импульсов, затем через элемент “И” передаются на счетный вход триггера, который, срабатывая, подключает реле. Контакты этого реле подключают к системе управления электропривод ротации искусственной кисти. Поочередно сокращая управляющие мышцы, инвалид производит управление ротацией искусственной кистью в ту или другую сторону, пропорционально разности биосигналов мышц — антагонистов, аналогично управлению схватом — раскрытием искусственной кисти.

Переключение любого движения на ротацию, а также с ротации на кисть требует одноразового сокращения управляющих мышц; переключение любого движения на локтевой механизм, а также с локтя на кисть, требует нажатия на микропереключатель. Это действие не является сложным для инвалида и не вызывает утомления при управлении протезом.

2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УЗЛЫ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ ПЛЕЧА

Одним из ответственных звеньев в устройствах биоэлектрического управления протезами является усилитель биопотенциалов, который представляет собой звено первичной обработки информации, отводимой от мышц культи протезируемого, и служит для повышения амплитуды полезного сигнала до необходимого уровня, при котором гарантируется надежность передачи информационных параметров сигнала в блоки обработки или воздействия.

Электрическая принципиальная схема УБП приведена на рис. 2.

Разработанный усилитель биопотенциалов (УБП) удовлетворяет следующим требованиям:

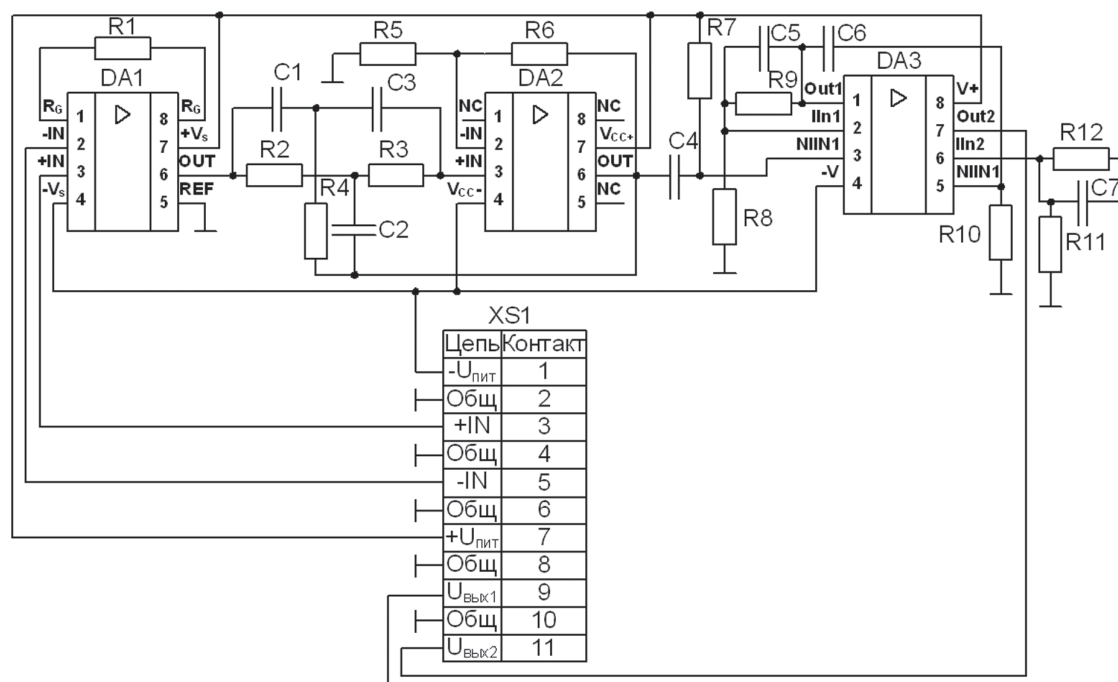


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема УБП

— высокая помехоустойчивость: уровень шумов (обусловленных как внешними, так и внутренними артефактами) на выходе усилителя не вызывает случайных срабатываний исполнительного устройства;

— частотная характеристика усилителя обеспечивает равномерное усиление в полосе частот 80–500 Гц с наибольшей амплитудой биоэлектрического сигнала;

— коэффициент усиления 10000–25000 в полосе пропускания частот достаточный для обеспечения нормальной работы протеза, в зависимости от чувствительности последующих блоков системы управления;

— входное сопротивление усилителя не менее 30 кОм на частоте 200 Гц;

— в интервале амплитуд входного сигнала от 20 до 100 мкВ усилитель не вносит заметных амплитудных искажений;

— характеристики усилителя существенно не изменяются с изменением температуры окружающей среды в диапазоне от +5° до +40°;

— обеспечена возможность избирательного отведения сигналов от сравнительно близко расположенных мышц при случайном изменении сопротивлений электрод-ткань и независимом расположении земляного электрода;

— усилитель является малогабаритным, экономичным, простым по конструкции и надежным в работе.

Входной сигнал, снимаемый с помощью биполярных поверхностных электродов, имеет амплитуду 20–60 мкВ.

Принципиальная схема детекторов, сумматора и двухканального импульсного преобразователя приведена на рис. 3.

Поочередно сокращая управляющие мышцы культы, инвалид посылает биоэлектрические сиг-

налы через конденсатор C1, выпрямительные диоды VD3, VD1 и сглаживающий конденсатор C5 или конденсатор C2, выпрямительные диоды VD4, VD2 и сглаживающий конденсатор C6 на вход сумматора DA1. В сумматоре сигналы от электродных систем разных каналов вычитаются и на его выходе появляется сигнал в виде разностной огибающей биосигналов. В зависимости от полярности разностной огибающей срабатывают импульсные преобразователи DA3.1 или DA3.2, в которых сигнал разностной огибающей преобразуется в серию импульсов, частота и длительность которых изменяются в зависимости от амплитуды входного сигнала, а затем передаются в усилитель мощности.

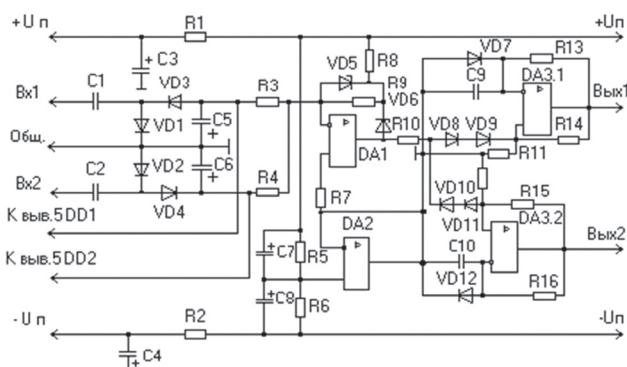


Рис. 3. Принципиальная схема детекторов, сумматора и двухканального импульсного преобразователя

Усилитель — преобразователь DA2 предназначен для стабилизации средней точки питания, обозначенный по схеме в виде земляного контакта.

Электрическая принципиальная схема формирователя импульсов приведена на рис. 4.

При одновременном сокращении мышц — антагонистов биоэлектрический сигнал с выходов детекторов поступает на входы В формирова-

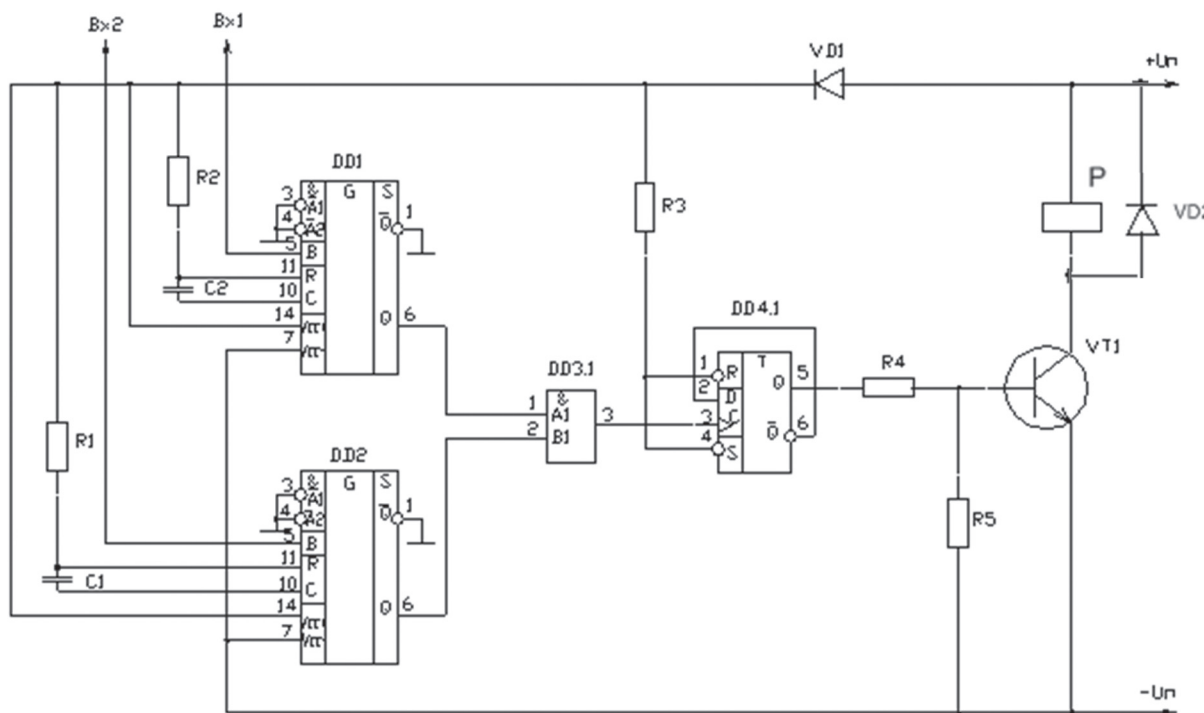


Рис. 4. Электрическая принципиальная схема формирователя импульсов

телей импульсов, выполненных на микросхемах K155АГ1 одноканального ждущего мультивибратора DD1 и DD2, которые под влиянием входного сигнала генерируют единичный импульс. При совпадении импульсов со ждущих мультивибраторов на схеме «И», она выдает импульс на счетный триггер, который включает реле, контакты которого подключают к усилителю мощности электропривод ротации.

Усилитель мощности выполнен на микросхеме M54544L (рис. 5).

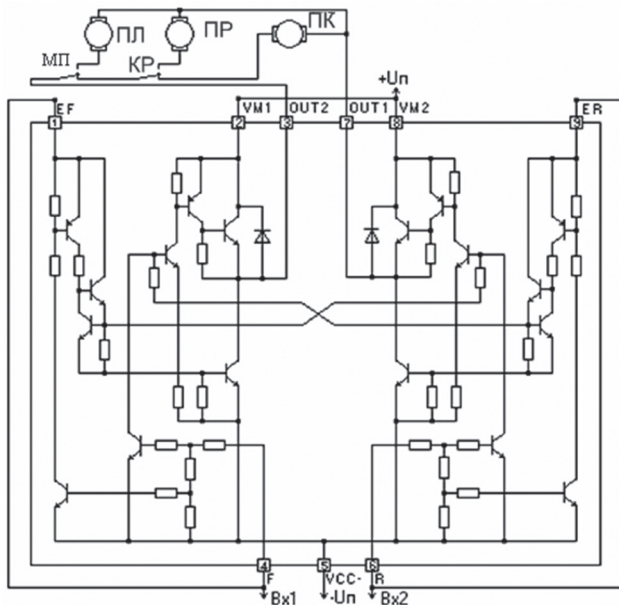


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная M54544L

На рис. 5 показано подключение исполнительных механизмов к усилителю мощности.

3. УСТАНОВОЧНЫЙ ЛОКТЕВОЙ МЕХАНИЗМ

В качестве установочного локтя в данном протезе применили локтевой механизм из описания к авторскому свидетельству [6]. На рис. 6а показан локтевой узел протеза плеча; на рис. 6б — вид слева; на рис. 7а, б, в — три рабочих положения локтевого узла соответственно: жестко фиксированное положение, рабочее положение, положение свободного качания гильзы предплечья, исходное.

Для включения исполнительного механизма локтевого узла 2 при необходимости реализации движения локтем инвалид осуществляет натяжение тяги 17, при этом микропереключатель 18 срабатывает и контакты его подключают к системе управления электропривод 4, аналогичный приводу кисти с малой мощностью, локтевого узла 2. Тем же натяжением тяги 17 приводится в движение защелка 12, которая боковым упором 15 входит в зацепление с пазом 7 упорного диска 5, который фиксируется относительно гильзы плеча. При сокращении управляющей мышцы плеча инвалид аналогично, управлению искусственной

кистью проводит управление электроприводом 4 локтевого узла 2, который, перемещая управляющий рычаг 1 локтевого узла 2, приводит в движение гильзу предплечья 23 относительно гильзы плеча, т.е. инвалид осуществляет управляемые угловые движения локтевым узлом 2.

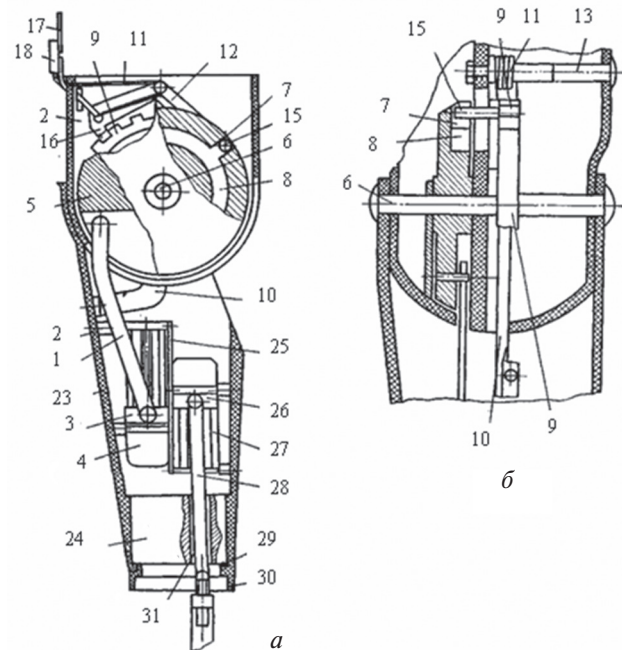


Рис. 6. Локтевой узел протеза плеча и его вид слева в разрезе

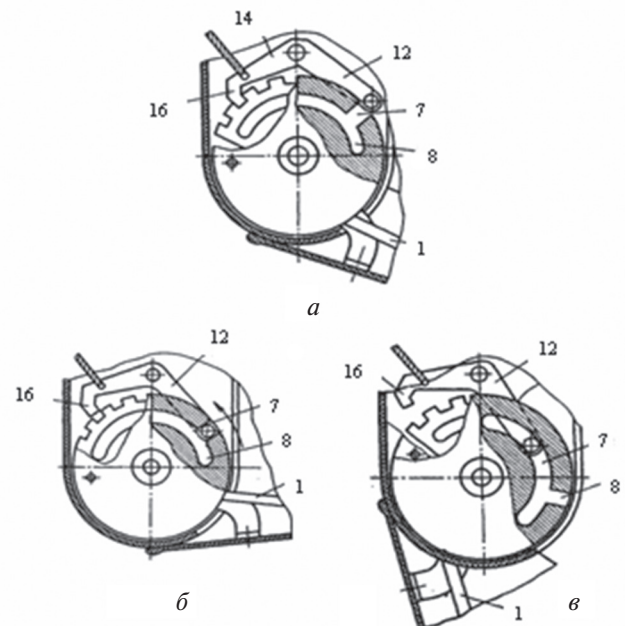


Рис. 7. Три рабочих положения локтевого узла

При достижении локтевым узлом заданного положения инвалид отпускает тягу. Микропереключатель возвращается в исходное положение, защелка 12 при этом также с пружиной 11 возвращается в исходное положение, боковой упор 15 защелки 12 выходит из зацепления с пазом 7, фронтальный упор 16 входит в зацепление с зубчатым сектором 9, жестко связанным рычагом 10 с гильзой предплечья. За счет этого локтевой узел фиксируется, а его электропривод освобождается

от нагрузки. В достигнутом положении локтевого узла инвалид может производить схват- раскрытие пальцев искусственной кисти, активную или пассивную ее ротацию и другие пассивные движения протезом. Для возврата локтевого узла в рабочее положение необходимо повторно натянуть тягу и подключить электропривод локтевого узла к системе управления. Сокращая управляющую мышцу, соответственно требуемому тянущему или толкающему перемещению механизма локтевого узла, инвалид добивается требуемого положения гильзы предплечья относительно гильзы плеча в протезе. Для достижения положения свободного качания протеза (исходного положения) необходимо резко натянуть и сразу же опустить тягу. При этом оба упора 15, 16 защелки 12 оказываются вне зацепления и приводят протез в расфиксированное положение.

ВЫВОДЫ

Таким образом, разработанное устройство управления биоэлектрическим протезом плеча с установочным локтевым механизмом позволяет инвалиду быстро подключить тот или иной ИМ, а также снизить энергопотребление.

Применение установочного локтевого механизма позволяет экономить электропитание аккумуляторной батареи за счет применения в нем электропривода малой мощности, в результате чего возможно применение аккумуляторной батареи меньшей ёмкости, что дает возможность расширить контингент инвалидов.

Литература.

- [1] А. С. 1337082 СССР, МПК А 61 F 2/83. Устройство для управления биоэлектрическим протезом [Текст] / В.П. Чернышев, Д.А. Яременко, Г.В. Красюк, Е.А. Яровой, Л.Л. Цымбал, А.В. Богдан (СССР). — 3948440/28-14; заявл. 28.08.87; опубл. 15.09.89, Бюл. №34 — 6 с.
- [2] А.с. 1475653 СССР, МПК А 61 F 1/06. Устройство для управления многофункциональным протезом [Текст] / В.П. Чернышев, Д.А. Красюк, Е.А. Яровой, Л.Л. Цымбал, А.В. (СССР). — 4295413/28-14; заявл. 10.08.87; опубл. 30.04.89, бюл. №16 — 6 с.
- [3] А. с. 1333332 СССР, МПК А 61 F 2/54. Устройство для управления протезами верхних конечностей. [Текст] / В.П. Чернышев, Д.А.Харитоненко (СССР). — 3822115/28-14; заявл. 30.10.84; опубл. 30.08.87, бюл. №32 — 5 с.
- [4] А. с. 1475652 СССР, МПК А 61 F 2/72. Устройство для управления многофункциональным протезом. [Текст] / В.П. Чернышев, Е.А. Яровой, Л.Л. Цымбал, А.В. Богдан (СССР). — 4270346/28-14; заявл. 28.05.87; опубл. 30.04.89, бюл. №16 — 6 с.
- [5] А. с. 1344351 СССР, МПК А 61 F 2/72. Устройство для управления биоэлектрическим протезом плеча. [Текст] / В.П. Чернышев, Г.В. Красюк, Л.Л. Цымбал (СССР). — 3941409/28-14; заявл. 07.08.85; опубл. 15.10.87, бюл. №38 — 4 с.
- [6] А. С. 1666104 А1, А 61 F 2/56. Протез плеча [Текст] / В.П. Чернышев, С.С. Зарудный, Г.В. Красюк, Е.А. Яровой (СССР). — 4645953/14; заявл. 30.07.91; опубл. 02.02.91, бюл. №28 — 7 с.

Поступила в редколлегию 14.04.2010



Чернышев Валерий Петрович, к.т.н. с.н.с., доцент кафедры Биомедицинских электронных устройств и систем Харьковского национального университета радиоэлектроники. Область научных интересов: медицинское приборостроение, биоэлектрические системы управления.



Высоцкая Елена Владимировна, к.т.н., доцент, доцент кафедры Биомедицинских электронных устройств и систем Харьковского национального университета радиоэлектроники. Область научных интересов: аппараты и системы замещения утраченных органов и функций организма человека.



Чернышев Александр Александрович, студент 5-го курса Харьковского национального университета радиоэлектроники. Область научных интересов: протезы верхних конечностей.



Чернышев Сергей Александрович, студент 3-го курса Харьковского национального университета радиоэлектроники. Область научных интересов: протезы верхних конечностей.

УДК 616-77

Пристрій керування біоелектричним протезом плеча з установочним ліктьовим механізмом / В.П. Чернышев, О.В. Висоцька, О.О. Чернышев, С.О. Чернышев // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. — 2010. Том 9. № 2. — С. 290-294.

В даній статті розглядається підхід до побудови пристрою керування багатофункціональним біоелектричним протезом руки з установочним ліктьовим механізмом. Даний пристрій керування реалізує наступні функції: схват — розкриття кисті, пронація — супінація кисті, згинання та розгинання ліктьового сустава.

Ключові слова: біоелектричний протез, усічена м'яз, підсилювач біопотенціалів.

Лл.6. Бібліогр.: 6 найм.

UDC 616-77

A unit of controlling a bioelectric prosthetic shoulder appliance with an adjusting elbow mechanism / V.P. Chernyshev, E.V. Vysotskaya, A.A. Chernyshev, S.A. Chernyshev // Applied Radio Electronics: Sci. Mag. — 2010. Vol. 9. № 2. — P. 290-294.

The paper considers an approach to constructing a device of controlling a multifunctional bioelectric artificial arm with an adjusting elbow mechanism. The suggested control device realizes the following functions: grip — opening of a hand, its pronation — supination, flexion — extension of an elbow.

Key words: bioelectric prosthetic appliance, truncated muscle, biopotential strengthener.

Fig. 6. Ref.: 6 items.