

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

Шаймерден Алибек Берікұлы

«Мехатроникалық жүйелерді биоэлектрлік басқару»

дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07113 - Робототехника және мехатроника

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылымының кандидаты,
профессор

Қ.Ә. Ожиков

«30» 05 2024 ж.

дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы: «Мехатроникалық жүйелерді биоэлектрлік басқару»

6B07113 - Робототехника және мехатроника

Орындаған

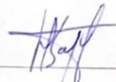
Шаймерден А.Б.


Рецензент

Ғылыми жетекшісі

ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор

ТжТ магистрі

 Карымсакова Н.Т.

 Игембай Е.А.

колы

аты-жөні

«04» мамыр 2024 ж.

«30» 05 2024 ж.

Алматы 2024

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

6B07113 - Робототехника және мехатроника

БЕКІТЕМІН

РТЖАТК кафедра
менгерушісі техника
ғылымының кандидаты,
профессор
К.Ә. Өжікенов
«30» 05 2024 ж.



**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Шаймерден Алибек Берікұлы

Тақырыбы: Көзілдіріктің оптикасын қаптауға арналған роботтық кешеннің басқару жүйесін әзірлеу

Университет ректорының 2023 жылғы «4» қараша № -П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «30» мамыр 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino, SolidWorks.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- Биопотенциалдардың қайда болуын зерттеу.
- Математикалық модельдің құру.
- 3D модельін жобалау.

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 11 көрсетілген

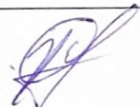
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 2 атаулардан

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01-12.02.2024 ж	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-17.04.2024 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.04-25.05.2024 ж.	Орындалды


Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Игембай Е.А. техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	05.04.24	

Ғылыми жетекшісі

 Игембай Е.А.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Шаймерден А.Б.

Күні

« 30 » 05 2024 ж.

АНДАТПА

Бұл диссертация мехатрондық жүйелерді, атап айтқанда протездік қолды биоэлектрлік басқаруды зерттеуге бағытталған. Бұл механикалық құрылғыларды басқару үшін бұлшықеттер мен жүйке жасушалары тудыратын биологиялық сигналдарды қолданатын биомедициналық инженерияның бір саласы. Біз бұлшық еттердің электрлік белсенділігін тіркеу және оны протездеу командаларына аудару үшін электромиография (ЭМГ) сияқты технологияларды белсенді түрде зерттеп жатырмыз. Осы зерттеудің бір бөлігі ретінде біз биоэлектрлік сигналдарды өңдеу әдістерін талдап, басқару алгоритмдерін жасап, эргономикалық және функционалды мехатрондық протездерді жасаудамыз.

Мехатрондық жүйелерді, әсіресе қол протездерін биоэлектрлік басқару саласындағы диссертациялық зерттеудің нәтижелері механикалық құрылғыларды басқару үшін биологиялық сигналдарды қолданудың тиімділігін растайды. Зерттеу биоэлектрлік сигналдарды өңдеудің жаңа әдістерін жасауға, басқару алгоритмдерін құруға, сонымен қатар эргономикалық және функционалды мехатрондық протездерді енгізуге мүмкіндік берді.

АННОТАЦИЯ

Эта дипломная работа сосредоточена на исследовании биоэлектрического управления мехатронными системами, а именно протеза руки. Это направление в области биомедицинской инженерии, где мы используем биологические сигналы, генерируемые мышцами и нервными клетками, для управления механическими устройствами. Мы активно исследуем технологии, такие как электромиография (EMG), чтобы записывать электрическую активность мышц и преобразовывать ее в команды для протезов. В рамках этого исследования мы занимаемся анализом методов обработки биоэлектрических сигналов, разрабатываем алгоритмы управления и создаем эргономичные и функциональные мехатронные протезы.

Результаты диссертационного исследования в области биоэлектрического управления мехатронными системами, особенно протезами руки, подтверждают эффективность использования биологических сигналов для управления механическими устройствами. Исследование позволило разработать новые методы обработки биоэлектрических сигналов, создать алгоритмы управления, а также реализовать эргономичные и функциональные мехатронные протезы.

ABSTRACT

This thesis focuses on the study of bioelectrical control of mechatronic systems, namely a prosthetic hand. This is a branch of biomedical engineering where we use biological signals generated by muscles and nerve cells to control mechanical devices. We are actively exploring technologies such as electromyography (EMG) to record muscle electrical activity and translate it into commands for prosthetics. As part of this research, we are analyzing methods for processing bioelectric signals, developing control algorithms and creating ergonomic and functional mechatronic prostheses.

The results of the dissertation research in the field of bioelectric control of mechatronic systems, especially hand prostheses, confirm the effectiveness of using biological signals to control mechanical devices. The research made it possible to develop new methods for processing bioelectric signals, create control algorithms, and also implement ergonomic and functional mechatronic prostheses.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Теориялық бөлім	10
1.1 Биопотенциал ілімі	10
1.2 Электр сигналдардың бұлшықетте пайда болуы	12
1.3 Биопротездердің әлемдік нарықтағы түрлілігі, модельдері	14
2 Зерттеу бөлімі	21
2.1 Құрылғының қолданыстағы қолданушы үшін математикалық моделі	21
2.2 Аналогты-сандық түрлендіргіш	24
2.3 Қолданылған құрылғылар	25
3 3D моделді жобалау және принципіалды схемасы	30
3.1 Қолдың 3D моделін құрастыру	30
3.2 ЭМГ көмегімен қолды басқару	
3.3 Принципіалды схемасы	
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	35

КІРІСПЕ

Заманауи протездеу технологиялары аяқ-қолынан айырылған адамдардың өмір сүру сапасын жақсартуға бағытталған. Ең перспективалы бағыттардың бірі - протездерді бақылау үшін биопотенциалды пайдалану. Мұндай жүйелер пайдаланушыларға жасанды мүшелерді табиғи және нақты бақылауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді, бұл олардың функционалдығы мен пайдаланудың қарапайымдылығын айтарлықтай арттырады.

Биопотенциалдар негізінде жасалған протездік қолды басқару жүйесі протездік технологияларды дамытуға айтарлықтай үлес қосады. Ол аяқ-қолынан айырылған адамдардың өмір сүру сапасын жақсартып, науқастарды сауықтыру үшін жаңа мүмкіндіктер ұсынады.

Бұл зерттеудің мақсаты – адам қолының негізгі функцияларын орындай алатын және пайдаланушыға жоғары дәрежедегі бақылауды қамтамасыз ететін биопотенциалмен жұмыс істейтін протездік қолды жасау.

Осы мақсатқа жету үшін жұмыс барысында келесі міндеттер шешілді:

- Биопотенциалдардың табиғаты мен пайда болу механизмін зерттеу.
- Протездеу саласындағы бар әлемдік аналогтарды талдау.
- Биопотенциалдармен басқарылатын қол протезінің прототипін жасау.
- Жасалған протездің тиімділігін сынау және бағалау.

Зерттеу объектісі – мехатрондық жүйелерді басқару үшін қолданылатын биопотенциалдар. Зерттеу пәні биопотенциалдар негізінде жұмыс істейтін протездік қол болып табылады.

Зерттеу мақсатына жету үшін келесі әдістер қолданылады:

- Әдебиеттерді шолу және қолданыстағы технологиялар мен шешімдерді талдау.
- Биопотенциалдарды тіркеу және өңдеу бойынша эксперименттік зерттеулер.
- Протезді басқаруға арналған бағдарламалық-аппараттық құралдарды әзірлеу.
- Прототипті зертханалық және нақты жағдайларда сынау.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы биопотенциалдарға негізделген протездік қолды басқарудың жаңа жүйесін әзірлеу және енгізуде жатыр, бұл бақылаудың дәлдігі мен интуитивтіктігін айтарлықтай арттырады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы – нағыз науқастар өмір сүру сапасын жақсарту үшін қолдана алатын протез жасау. Зерттеу нәтижелерін медицинада және оңалтуда тиімдірек және қолжетімді протездер жасау үшін пайдалануға болады.

Барлық берілген тапсырмалар сәтті орындалды. Жұмыс барысында биопотенциалдардың шығу тегі мен әсер ету механизмі зерттелді, протездеудегі бар әлемдік аналогтарға талдау жүргізілді, қол протезінің прототипі әзірленді және сынақтан өтті.

1. Теориялық бөлім

1.1. Биопотенциал ілімі

Биопотенциал – тірі организмдердің биологиялық белсенділігі нәтижесінде пайда болатын электрлік сигнал. Бұл сигнал жасушалардың немесе ұлпалардың әртүрлі бөліктері арасындағы электрохимиялық потенциалдардағы айырмашылықтардан туындайды. Биопотенциалдар медицинада, нейрофизиологияда, нейробиологияда, биоинженерияда және ғылым мен техниканың басқа салаларында организмдердің қызметін зерттеу, ауруларды диагностикалау, физиологиялық процестерді бақылау және тіпті техникалық құрылғыларды басқару үшін кеңінен қолданылады.

Биопотенциалдар тірі жасушалар мен ұлпалардың белсенділігі нәтижесінде түзіледі, ол көптеген биологиялық функцияларды басқаратын сигналдарды берумен байланысты. Олар дененің ішінде немесе оның бетінде анықталатын және өлшенетін электрлік потенциалдағы өзгерістерді білдіреді. Биопотенциалдардың негізгі түрлеріне жасуша мембранасының потенциалы, жүйке тініндегі әрекет потенциалы, жүрек қызметін өлшеуге арналған электрокардиограмма (ЭКГ), ми қызметін тіркеуге арналған электроэнцефалограмма (ЭЭГ), бұлшықеттердің белсенділігін зерттеуге арналған электромиограмма (ЭМГ) және басқалары жатады.

Биопотенциалдарды тіркеу үшін әртүрлі әдістер мен әдістер қолданылады, соның ішінде электрофизиологиялық және биомедициналық құрылғылар. Бұл әдістер биопотенциал түріне және оның қай жерде пайда болуына байланысты өзгереді (сурет-1.1.1.). Мысалы, кеудедегі теріге бекітілген электродтарды пайдаланатын ЭКГ жүрек белсенділігін өлшеу үшін қолданылады, ал ЭЭГ бас терісіне орналастырылған электродтар арқылы ми белсенділігін жазу үшін пайдаланылуы мүмкін. Басқа әдістерге бұлшықеттердің электрлік белсенділігін өлшеуге арналған ЭМГ, миды зерттеуге арналған электрокортикограмма (ЕСоГ) және басқалары жатады.

Биопотенциалдар ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кең қолданыс тапты:

1. Медицина: жүрек ырғағының бұзылуы, неврологиялық бұзылулар, бұлшықет аурулары және т.б. сияқты әртүрлі ауруларды диагностикалау және бақылау үшін биопотенциалдарды пайдалану.

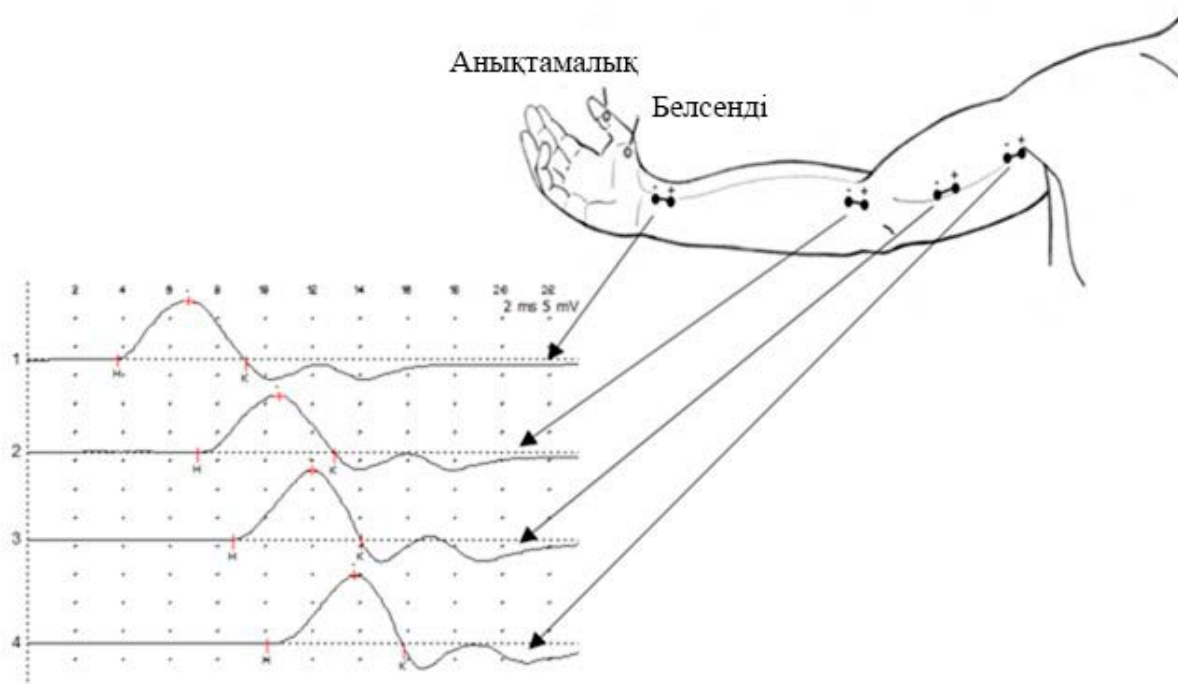
2. Нейрология: есте сақтау, назар аудару, сана және басқа когнитивтік функциялардың механизмдерін түсіну үшін мидың белсенділігі мен нейрондық байланысты зерттеу.

3. Биоинженерия: нейропротездер, биосенсорлар және ми белсенділігінің декодерлері сияқты биопотенциалдарды жазу және ынталандыру үшін құрылғылар мен интерфейстерді әзірлеу.

4. Спорттық зерттеулер: физикалық белсенділікті, жаттығуларды және спортшылардың жарақаттарын қалпына келтіруді бақылау үшін биопотенциалды пайдалану.

Биопотенциалдар саласындағы заманауи зерттеулер сигналдарды жазу мен талдаудың жаңа әдістерін жасауға, өлшеулердің дәлдігі мен сенімділігін арттыруға, сондай-ақ инновациялық қосымшаларды жасауға бағытталған. Мысалдарға биопотенциалдарды талдау үшін жасанды интеллект пен машиналық оқытуды пайдалану, денсаулық пен физикалық белсенділікті бақылауға арналған киілетін құрылғыларды жасау және ми мен машиналар арасындағы өзара әрекеттесу үшін биоинтерфейстерді құру жатады.

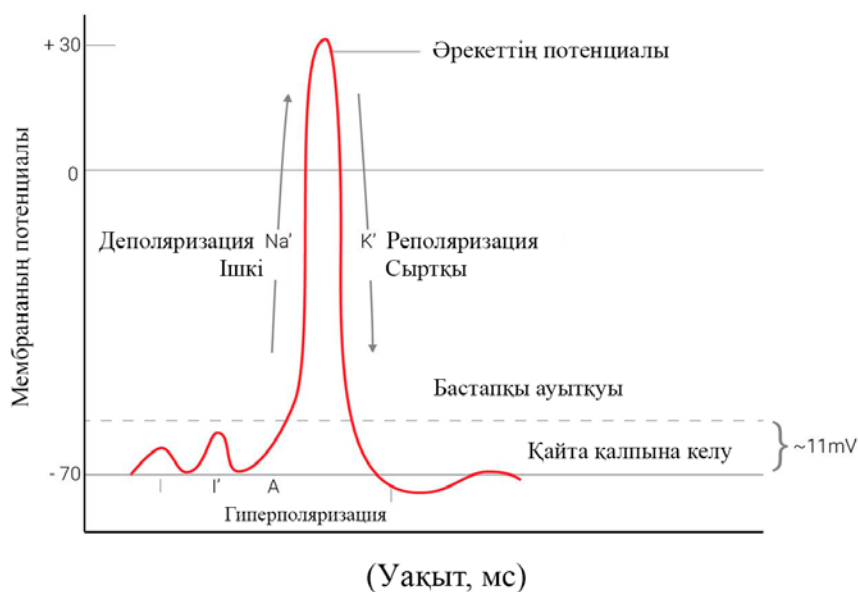
Биопотенциалдар организмдердегі биологиялық процестерді зерттеу мен бақылаудың маңызды құралы болып табылады. Оларды қолдану ауруларды диагностикалауға және физиологияны түсінуге ғана емес, сонымен қатар жаңа технологиялар мен құрылғыларды жасауға мүмкіндік береді.



1.1-сурет – Электродтар арқылы сигналды анықтау

1.2. Электр сигналдардың бұлшықетте пайда болуы

Бұлшықет жұмысы кезінде электрлік сигналдың пайда болуы жүйке және бұлшықет жүйелерінің күрделі өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болатын қаңқа бұлшықеттерінің биоэлектрлік белсенділігіне байланысты. Бұлшықеттің қозғалыс процесі жүйке импульсінің жүйке-бұлшықет түйіні арқылы қозғалғыш нейроннан бұлшықет талшықтарына өтуінен басталады. Молекулалық деңгейде синаптикалық терминалдардың белсендірілуі ацетилхолин сияқты нейротрансмиттерлердің синаптикалық саңылауға шығарылуына әкеледі. Экзоцитоз деп аталатын бұл процесс постсинапстық мембрананың натрий (Na^+) және калий (K^+) иондарына өткізгіштігінің өзгеруін тудырады, нәтижесінде әрекет потенциалы пайда болады (сурет-1.2.1.). Әрекет потенциалы - бұл натрий каналдары арқылы Na^+ иондарының енуінен туындайтын бұлшықет жасушасының мембранасының электрлік потенциалының қысқа мерзімді өзгеруі. Бұл оқиға жасуша мембранасының деполяризациясын ынталандырады, онда жасушаішілік потенциал аз теріс болады. Бұл өзгеріс каскадты реакциялар сериясын тудырады, соның ішінде кальций арналарының ашылуы, бұл ақыр соңында бұлшықеттің жиырылуына әкеледі. Бұлшықет жиырылуы бұлшықет талшықтары ішіндегі актин мен миозин жіптерінің сырғанау механизміне байланысты болады. Бұл процесс деполяризацияға жауап ретінде бұлшықет жасушаларына енетін және олардың жиырылу белсенділігін ынталандыратын кальцийдің әсерінен жүзеге асырылады. Осылайша, жүйке және бұлшықет жүйелерінің бірізді әрекеттесуінің нәтижесінде электрлік сигналдар мен иондық токтар бұлшықет жиырылуының пайда болуын және бақылауын қамтамасыз етеді, бұл дененің әртүрлі қозғалыстар мен қызметтерді орындауына мүмкіндік береді.



1.2-сурет – Әрекет потенциалының пайда болуы

Және де бұлшықет жұмысы кезінде электрлік сигналдың пайда болуы келесі аспектілерді қамтуы мүмкін: Иондық арналардың рөлі: Әсер ету потенциалының пайда болуы үшін жасуша мембранасының иондарға өткізгіштігінің өзгеруі қажет. Бұл процесс натрий, калий және кальций арналары сияқты әртүрлі иондық арналарды ашу және жабу арқылы бақыланады. Олардың нақты жұмыс істеуі мен өзара әрекеттесуі бұлшықет талшықтарында электрлік сигналдарды қалыптастыруда және реттеуде маңызды рөл атқарады. Рефрактерлік кезең: Әрекет потенциалы пайда болғаннан кейін жасуша рефрактерлік кезең деп аталатын жүйке-бұлшықет блокадасының күйіне енеді. Осы уақыт аралығында жасуша қажетсіз қозуды болдырмайтын және бұлшықет жиырылуының реттілігін қамтамасыз ететін жаңа әрекет потенциалын жасай алмайды. Бұлшықет талшықтарының түрлері: қаңқа бұлшықет талшықтарының әртүрлі түрлері бар, мысалы, жылдам тартылатын (II тип) және баяу бұралатын (I тип). Бұл талшықтар жиырылу жылдамдығымен, максималды күшімен және төзімділігімен ерекшеленеді. Әрбір түрдің өзінің бірегей қасиеттері мен электрлік сигналдарға реакциялары бар, бұл олардың организмдегі функционалдық мақсатын анықтайды. Жүйке жүйесімен байланысы: Бұлшықет қызметі жүйке жүйесімен тығыз байланысты, сыртқы жағдайларға және ағзаның қажеттіліктеріне байланысты бұлшықет жиырылуының қарқындылығы мен ұзақтығын реттейді. Бұл реттеу механизмі бұлшықет белсенділігін әртүрлі физикалық жүктемелерге бейімдеуге және қозғалыстарды үйлестіруді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Патологиялық жағдайлар: Бұлшықеттердегі

электрлік сигналдарды генерациялау мен берудегі бұзылулар бұлшықет әлсіздігі, құрысулар, паралич және т.б. сияқты әртүрлі патологиялық жағдайларға әкелуі мүмкін. Бұл механизмдерді түсіну бұлшықет дисфункциясымен байланысты көптеген ауруларды диагностикалау және емдеу үшін маңызды.

1.3 Биопротездердің әлемдік нарықтағы түрлілігі, модельдері

Биопротездеу заманауи медицинада маңызды рөл атқарады, аяқ-қолы мен мүшелерінен айырылған науқастардың өмір сүру сапасын айтарлықтай жақсартады. 3D басып шығару және биоинженерия сияқты заманауи технологиялар жеке бейімделген биопротездерді жасауға мүмкіндік береді, бұл олардың функционалдығын арттырады және бас тарту қаупін азайтады. Олар ауыр жарақаттардан кейін оңалту, жоғалған мүшелерді ауыстыру және ми сигналдары арқылы протездеуді басқаруға мүмкіндік беретін нейрондық интерфейстерді біріктіру үшін маңызды. Биопротездеу мүмкіндігі шектеулі адамдарға қоғам мен еңбекке белсенді қатысу мүмкіндігін беру арқылы әлеуметтік теңсіздікті азайтуға да көмектеседі. Осы саладағы үздіксіз зерттеулер емдеу мен оңалтудың жаңа мүмкіндіктерін ашатын, биопротездерді медицинада таптырмас затқа айналдыратын және миллиондаған адамдардың денсаулығы мен өмір сүру сапасын айтарлықтай жақсартатын инновацияларға әкеледі.

Бионикалық протездеу - бұл жоғалған аяқ-қолды ауыстыруға және мотор қызметін қалпына келтіруге арналған жоғары технологиялық құрылғылар. Бұл протездеу қозғалысты басқару үшін бұлшықеттер жасайтын миоэлектрлік сигналдарды немесе механикалық механизмдерді пайдаланады. Қазіргі заманғы бионикалық протездер кері байланыс пен қозғалыстардың жоғары дәлдігін қамтамасыз ететін сенсорлармен және микропроцессорлармен жабдықталған. Олар ұстау, буындарды бүгу және ұзарту, білек айналдыру және білек пронация/супинация сияқты әртүрлі функцияларды орындай алады, бұл пайдаланушылардың өмір сүру сапасын және олардың күнделікті тапсырмалар мен кәсіби жауапкершіліктерді орындау қабілетін айтарлықтай жақсартады.



1.3-сурет – Бионикалық протез

Бионикалық протездер функционалына байланысты бір функционалды және көп функционалды болып бөлінеді:

Бір функциялы бионикалық протездер бірнеше түрлі әрекеттерді орындай алатын көп функциялы протездермен салыстырғанда бір ғана негізгі функцияны немесе қозғалысты орындайтын протездер.

Жұмыс принципі: Бір функциялы бионикалық протездер миоэлектрлік сигналдар немесе механикалық механизмдер сияқты күрделі құрылғылар сияқты принциптерді пайдалана алады. Бір функциялы протездердегі миоқұрылғылар бұлшықеттердің бір тобынан электр сигналдарын қабылдайды, содан кейін оларды қозғалыстың бір түріне түрлендіреді, мысалы, протездік қолды қысу немесе ашу.

Функциялардың мысалдары: Ұстау және босату: бір функциялы протез тек ұстау (мысалы, нысандарды ұстау) және босату қозғалыстарын орындай алады; Бүгілу және ұзарту: Тағы бір мысал - шынтақты тек иілуге және ұзартуға болатын протез.

Артықшылықтары: Қарапайымдық және сенімділік: аз қозғалатын бөліктер және аз күрделі механизмдер, бұл протездерді сенімдірек етеді; Құны:

Олар әдетте көп функциялы протездерге қарағанда арзанырақ, сондықтан оларды көп адамдар пайдалана алады; Қуат тұтынуы: олар аз қуат тұтынуы мүмкін, бұл батареяның қызмет ету мерзімін ұзартуы мүмкін.

Кемшіліктері: Шектеулі функционалдык: Бір ғана функцияны орындау мүмкіндігі протездің күнделікті өмірдегі пайдалылығын шектейді; Азырақ икемділік: пайдаланушы әртүрлі тапсырмаларға бейімделу мүмкіндігін шектей отырып, әртүрлі қозғалыстарды орындай алмайды.



1.4-сурет – Бір функциялы қол протезі

Көп функционалды бионикалық протездеу - бұл пайдаланушыға күнделікті өмірде кең ауқымды мүмкіндіктер мен үлкен икемділік беретін бірнеше түрлі функцияларды немесе қозғалыстарды орындауға қабілетті құрылғылар.

Жұмыс принципі: Бұл протездеу әдетте киген адамның бірнеше бұлшықет топтарының сигналдарын сезетін және өңдейтін күрделі миоэлектрлік жүйелерді пайдаланады; Сигналдар әртүрлі қозғалыстар мен функцияларды қамтамасыз ететін әртүрлі қозғалтқыштар мен механизмдерді басқаратын микроконтроллерлерге жіберіледі; Заманауи протездеу пайдаланушыға ұстау күшін немесе аяқ-қолдың орнын сезінуге мүмкіндік беретін кері байланыс беретін сенсорларды қамтуы мүмкін.

Функциялардың мысалдары: Ұстау және босату: қысқыш ұстағыш, цилиндр ұстағышы және саусақ ұшымен ұстағыш сияқты әр түрлі ұстағыш түрлерін қамтиды; Бүгілу және ұзарту: Көп функциялы протездер шынтақты, білек пен саусақтарды бүгу және ұзартуы мүмкін; Білекті айналдыру: Күрделі манипуляцияларды орындау үшін білегіңізді айналдыруға мүмкіндік береді; Пронация және супинация: білектің ішке және сыртқа айналуы.

Артықшылықтары: Жоғары функционалдылық: пайдаланушының өмір сүру сапасын айтарлықтай жақсартатын кең ауқымды тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді; Табиғи қозғалыстар: Заманауи технологиялар тегіс және табиғи қозғалыстарға қол жеткізуге мүмкіндік береді; Интуитивті басқару: сигналдарды өңдеудің жетілдірілген жүйелерінің арқасында протезді басқару интуитивті және дәлірек болады.

Кемшіліктері: Құны: Бұл құрылғылар күрделі дизайны мен озық технологиясына байланысты әдетте қымбатырақ; Техникалық қызмет көрсету: тұрақты техникалық қызмет көрсетуді және батареялар мен электрод сенсорлары сияқты компоненттерді ауыстыруды қажет етеді; Қуат тұтынуы: Қуатты жоғары тұтыну жиі зарядтауды қажет етуі мүмкін.



1.5-сурет – Көп функциялық қол биопротезі

Touch Bionics i-Limb – аяқ-қолы ампутацияланған адамдарға арналған ең жетілдірілген және функционалды бионикалық қарулардың бірі. Бұл инновациялық технология көп сегментті саусақтардың және күрделі басқару жүйесінің арқасында пайдаланушыға қозғалыстың кең ауқымын және манипуляциялық еркіндіктің жоғары дәрежесін береді. i-Limb құрылғысы пайдаланушының қалдық аяқ-қолының бұлшықеттері тудыратын электрлік сигналдарды жазатын электромиографиялық (ЭМГ) сенсорлармен

жабдықталған. Бұл сигналдар әр саусақтың қозғалысын басқаратын командаларға түрлендіріледі. Бұл пайдаланушыға адам қолының табиғи қимылдарын қайталайтын күрделі және дәл ұстауды орындауға мүмкіндік береді.

i-Limb протезі бірнеше негізгі технологияларды пайдаланады: Көп функционалды саусақтар: Әрбір протездік саусақ әр түрлі ұстау және манипуляция түрлеріне мүмкіндік беретін дербес қозғала алады. Бұл дәстүрлі протездермен салыстырғанда протездің функционалдығын айтарлықтай кеңейтеді; Бағдарламаланатын тұтқалар: пайдаланушы кішкентай заттарды көтеру, құралдарды пайдалану немесе пернетақтада теру сияқты нақты тапсырмаларды орындау үшін ұстағыштардың әртүрлі түрлерін конфигурациялай және сақтай алады; Интуитивті басқару: датчиктер мен бағдарламалық қамтамасыз етудің жетілдірілген жүйесінің арқасында протезді басқару пайдаланушы үшін анағұрлым интуитивті және табиғи болады. Бұл оқу және бейімделу уақытын қысқартады.

i-Limb-тің негізгі артықшылықтарының бірі - оның кең ауқымды қозғалысты қамтамасыз ету қабілеті, бұл пайдаланушыға әдеттегі протездеу кезінде мүмкін болмайтын тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді. Бұл кішігірім және нәзік заттарды өңдеу үшін қажет дәл және нәзік қозғалыстарды қамтиды. Сондай-ақ протез жоғары деңгейде теңшеуді ұсынады. Пайдаланушы протездің жұмысын жеке қалауы мен талаптарына сәйкес реттей алады. Бұған ұстау параметрлерін оңай өзгертуге және протездің функцияларын басқаруға мүмкіндік беретін мобильді қосымшалар арқылы қол жеткізіледі. Дегенмен, көптеген артықшылықтарына қарамастан, i-Limb-тің кейбір кемшіліктері де бар. Негізгі шектеулердің бірі құрылғының жоғары құны болып табылады, ол сақтандыру өтемі немесе мемлекеттік қолдаусыз көптеген пациенттер үшін қолжетімсіз болуы мүмкін. Оған қоса, пайдаланудың күрделілігі және тұрақты техникалық қызмет көрсету қажеттілігі кейбір пайдаланушылар үшін мәміле болуы мүмкін. Протезді тиімді пайдалану белгілі бір дайындық пен тәжірибе деңгейін талап етеді, бұл көп еңбекті қажет ететін процесс болуы мүмкін. Құрылғының оңтайлы жұмыс істеуі үшін техникалық қызмет көрсету және жүйелі калибрлеу де қажет.



1.6-сурет – Touch Bionics i-Limb протезі

Össur Proprio Foot - төменгі аяқ-қолы ампутацияланған адамдарға арналған белсенді қозғалысты басқаратын жетілдірілген протездік табан. Бұл бионикалық протезде интеллект және өзгермелі жүру жағдайларына бейімделу мүмкіндігі бар, бұл пайдаланушыларға жақсартылған жүріс пен жайлылықты қамтамасыз етеді. Proprio Foot пайдаланушының қозғалысы мен қоршаған орта жағдайларын үздіксіз талдайтын микропроцессорлық басқару жүйесімен жабдықталған. Бұл жүйе оңтайлы қолдау мен тұрақтылықты қамтамасыз ете отырып, нақты уақытта протездің орны мен қаттылығын реттеу үшін кірістірілген сенсорлардың деректерін пайдаланады.

Proprio Foot протезі бірнеше негізгі технологияларды қамтиды: Интеллектуалды қозғалысты басқару: микропроцессор сенсор деректерін талдайды және беттің түріне (мысалы, баспалдақтар, беткейлер) және жүру жылдамдығына байланысты аяқтың бұрышы мен қаттылығын автоматты түрде бейімдейді; Энергияны үнемдейтін мүмкіндіктер: Протез бір зарядта ұзағырақ пайдалануға мүмкіндік беретін қуат тұтынуды оңтайландырады; Табиғи жүріс динамикасы: технология пайдаланушыға табиғи және тегіс жүруге мүмкіндік береді, буындардағы стрессті азайтады және компенсаторлық қозғалыстардың алдын алады.

Артықшылықтары: Proprio Foot негізгі артықшылықтарының бірі - оның өзгермелі қоршаған орта жағдайларына автоматты түрде бейімделу мүмкіндігі. Бұл пайдаланушыларға біркелкі емес беттерде жүруге, баспалдақпен көтерілуге

және төмен түсуге және еңістерді аз күш пен тұрақтылықпен келісуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, протез аяқтың табиғи қозғалысына еліктеу қабілетінің арқасында жайлылықтың жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. Бұл басқа буындардағы кернеуді азайтады және жүру күштерін біркелкі бөлуге көмектеседі. Сонымен қатар, Proprio Foot жоғары сенімділік пен ұзақ мерзімділікпен ерекшеленеді, бұл оны белсенді өмір салты бар пайдаланушылар үшін сенімді таңдау етеді.

Кемшіліктері: Көптеген артықшылықтарға қарамастан, Proprio Foot кейбір кемшіліктерге ие. Олардың бірі - сақтандыру өтемі немесе қаржылық көмегі жоқ кейбір пациенттер үшін қымбат болуы мүмкін жоғары баға. Сонымен қатар, протезге үнемі техникалық қызмет көрсету және батареяны мерзімді зарядтау қажет. Бұл пайдаланушыларға, әсіресе белсенді өмір салтын ұстанатын және жиі үйден тыс жерде жүргендерге қолайсыздық тудыруы мүмкін. Реттеу кезеңі де қиын болуы мүмкін, өйткені пайдаланушыларға жаңа құрылғыға үйренуге және оны пайдалануды үйренуге уақыт қажет



1.7-сурет – Össur Proprio Foot протезі

2 Зерттеу бөлімі

2.1. Құрылғының қолданыстағы қолданушы үшін математикалық моделі

Бұлшықет күйін бақылайтын перцепторлар әрбір бұлшықеттің маңыздылығын анықтайды және бұл ақпаратты контроллерге жібереді. Контроллерде сигнал нормаланады, яғни өңдеуге ыңғайлы болу үшін стандартты пішінге келтіріледі, содан кейін талданады. Өңделген деректерді контроллер жүйенің қалай қозғалу керектігін анықтайтын алгоритм бойынша есептеулерді орындау үшін пайдаланады. Осы есептеулердің негізінде контроллер экзоскелеттік буындардың салыстырмалы қозғалысының заңын жасайды, ол экзоскелеттің қозғалыстарын пайдаланушының қозғалыстарымен үйлестіруге мүмкіндік береді, табиғи қозғалыстарды қолдауды немесе күшейтуді қамтамасыз етеді.

Контроллердің ендік импульстік модуляторы экзоскелет буындарының қозғалыс жылдамдығын реттейді, яғни, контроллер буындардың қаншалықты жылдам қозғалатынын анықтайтын әртүрлі ені импульстарын жасайды. Қозғалтқышты басқару драйвері – қозғалтқыштарды басқару үшін тұрақты токты реттейді. Алгоритмді орындағаннан кейін алынған нәтижелерге байланысты жүйе буындардың ағымдағы жағдайын тұрақтандырады (қосылу нүктелері және экзоскелеттің қозғалысы). Бұл алгоритм берілген пәрмендерді дәл орындап, өзгерістерге бейімделуі үшін экзоскелеттің тұрақты және басқарылатын қозғалысын сақтауға көмектесетінін білдіреді.

Экзоскелет басқару жүйесі бұрыштар мен жылдамдықтар сияқты ағымдағы қозғалыс параметрлерін бақылауды, оператордан пәрмендерді қабылдауды және пайдаланушыға тактильді сезімдерді беруді қамтиды. Бұл процесте адамның аяқ-қолдарының экзоскелет элементтерімен әрекеттесуі негізгі рөл атқарады, ал ағымдағы әрекеттерді визуалды қабылдау кейінгі қозғалысты жоспарлау үшін қолданылады. Осылайша, бүкіл процесс экзоскелеттің тиімді бақылауын және оның қоршаған ортаға бейімделуін қамтамасыз етеді.

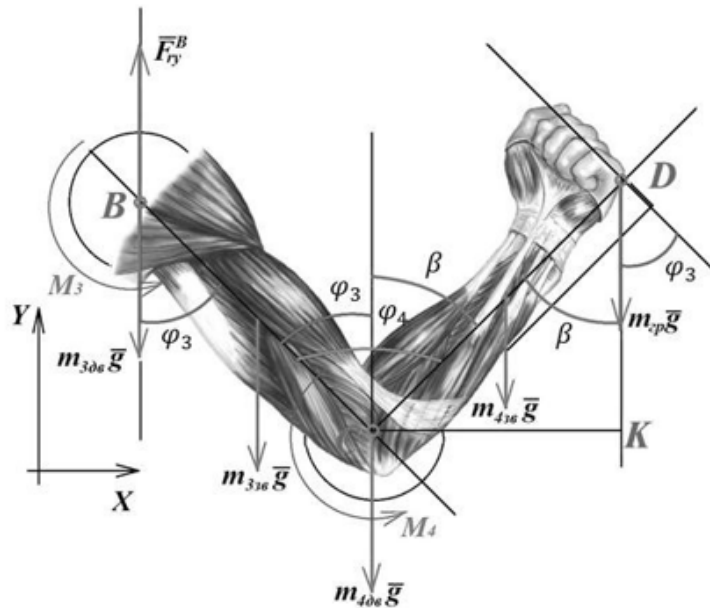
Ақпараттық сигнал бұлшықеттің ағымдық ұзындығы мен жиырылу жылдамдығында бұлшықет дамытатын күштің оның максималды күшіне қатынасы ретінде есептелетін бұлшықеттің белсендіру деңгейі негізінде анықталады. Бұл қатынас белгілі бір уақытта бұлшықеттің қаншалықты жиырылғанын немесе босаңсығанын анықтауға көмектеседі. Бұлшықет белсендіру деңгейі бұлшықеттің максималды күші немесе оның әртүрлі жиырылу жылдамдығы мен ұзындықтарына реакциясы сияқты пайдаланушыға тән параметрлерді қамтуы мүмкін калибрлеу шарттарымен анықталады. [1]

Төменде формула көрсетілген:

$$a(t) = \frac{F(t)}{F_{max}(l_p(t), V_p(t))} \quad (1)$$

Бұл жерде $a(t)$ белсендіру деңгейі, $F(t)$ күштердің қатынасы, $l_p(t)$ ұзындық параметрлері, $V_p(t)$ айналу жылдамдығы. [7]

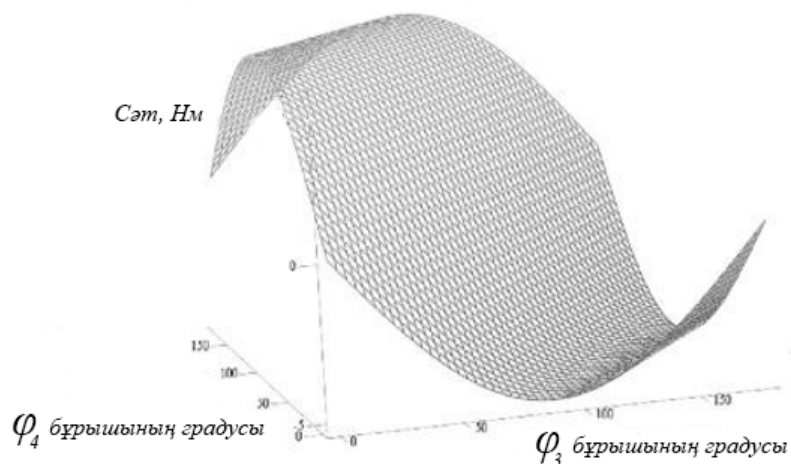
MathCAD қосымшасында статикалық есепті модельдеу орындалды.



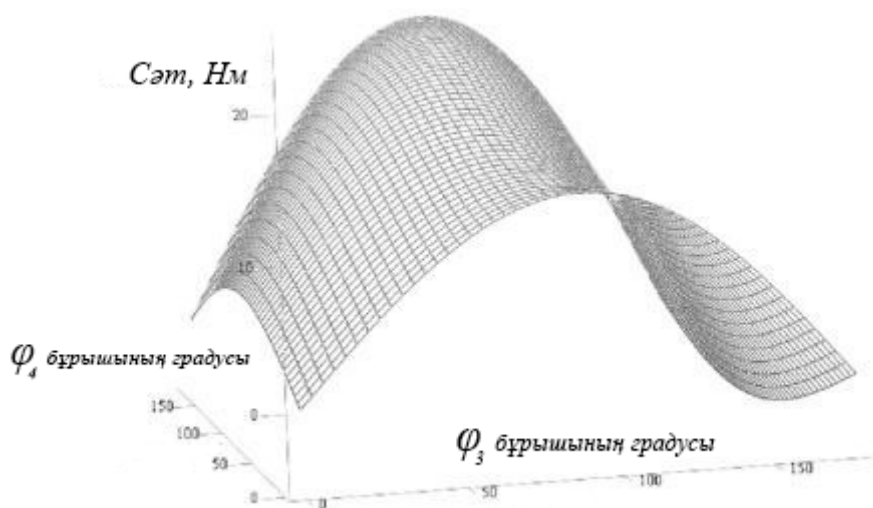
2.1-сурет – Екі сілтемеден тұратын жүйе

M_3 және M_4 моменттерін табу үшін тепе теңдік тендеулер жүйесі жасалды:

$$\begin{cases} M_3 = gl_3 \sin(\gamma_3) \left(m_{4\partial\epsilon} + \frac{m_{33\epsilon}}{2} \right) + gl_4 \sin(\beta) \left(m_{zp} + \frac{m_{43\epsilon}}{2} \right), \\ M_4 = gl_4 \sin(\beta) \left(m_{zp} + \frac{m_{43\epsilon}}{2} \right), \\ \beta = \gamma_4 - \gamma_3 \end{cases}$$



2.2-сурет – M_3 иық буынында даму моменті



2. 3-сурет – M_4 иық буынында даму моменті

Биопотенциалды сенсорларды қолданбай-ақ бұлшықеттердің максималды күшін анықтау әдісі бар. Әдістің мәні мынада: экзоскелет басқару жүйесі оператордың күшіне сыртқы кедергі ретінде жауап береді. Бұған экзоскелет дизайнындағы кіріктірілген тежеу жүйелері немесе өзін-өзі тежеу механизмдері арқылы қол жеткізіледі. Бұл әдісте оператор экзоскелеттік буындардың орнын өзгерту үшін бұлшықет тобымен серпіліс жасауы керек. Тұтқаға орнатылған күш сенсоры оператордың максималды күшін жазады, ал позиция сенсорлары ағымдағы қосылыс координаттарын жазады.

Осылайша, басқару жүйесі оператордың экзоскелетке әсер етуіне негізделген максималды бұлшықет күшін анықтай алады, бұл құрылғыны әрі қарай адаптивті басқару үшін дәл келтіруге мүмкіндік береді.

Оператор қозғалысты күштеп, бұлшықеттерді керней отырып, биопотенциалды сигналда көрінетін белгілі бір күш деңгейін тудырады. Содан кейін басқару жүйесі бұл деңгейді дерекқордан алдын ала орнатылған максималды күш параметріне барынша сәйкес келтіруге тырысады. Осылайша, жүйе белгілі бір қозғалысты орындау үшін оператордың бұлшықеттерінде дамытуға ұмтылатын күш мөлшерін анықтайды. Бұл процесс басқару жүйесіне оператор қолданатын күш деңгейіне бейімделуге және қозғалысты орындау үшін қажетті күшті анықтауға мүмкіндік береді. Бұл, мысалы, оңалту процесін оңтайландыру немесе дәл, басқарылатын қозғалыс қажет аймақтардағы өнімділікті жақсарту үшін пайдалы болуы мүмкін.

Осылайша, бұл әдіс басқару жүйесінің оператордың жеке қажеттіліктеріне бейімделуін жақсартуға және оператор мен басқарылатын құрылғы арасындағы тиімдірек өзара әрекеттесуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

2.2. Аналогты-сандық түрлендіргіш

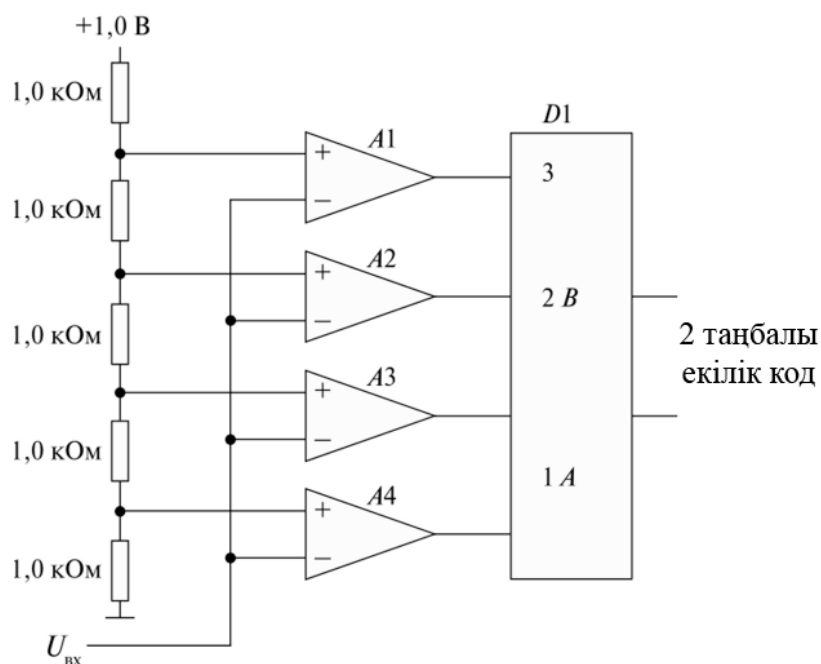
Аналогты-цифрлық түрлендіргіш (ADC) — аналогтық сигналды цифрлық кодқа түрлендіруге арналған электрондық құрылғы. Аналогтық сигнал - бұл уақыт бойынша өзгертін үздіксіз мән, әдетте кернеу немесе ток. Сандық сигнал, керісінше, әдетте екілік кодта көрсетілген дискретті деңгейлерден тұрады. Әдетте, ADC кернеуді екілік сандық кодқа түрлендіретін электрондық құрылғы болып табылады. Дегенмен, сандық шығысы бар электрондық емес құрылғылар да бар, олар ADC ретінде қарастырылуы керек, мысалы, бұрыш-код түрлендіргіштерінің кейбір түрлері. Ең қарапайым бірразрядты екілік ADC компаратор болып табылады. Аналогты-цифрлық түрлендіргіштің (ADC) көптеген сипаттамалары бар, олардың ең маңыздысы түрлендіру жиілігі мен разряд тереңдігі болып табылады. [2]

Түрлендіру жиілігі: Бұл ADC аналогтық сигналдарды сандық сигналдарға қандай жылдамдықпен түрлендіре алатынын анықтайтын параметр. Ол секундына үлгілермен (SPS) немесе герцте (Гц) өлшенеді. Жоғары түрлендіру жылдамдығы аналогтық сигналдағы жылдам өзгерістерді дәлірек түсіруге мүмкіндік береді, бұл әсіресе цифрлық сигналды өңдеу және телекоммуникация сияқты деректерді жылдам өңдеуді қажет ететін қолданбалар үшін маңызды.

Бит сыйымдылығы: Бұл параметр әрбір цифрланған мәнді көрсету үшін пайдаланылатын биттердің санын көрсетеді. Биттік тереңдік ADC рұқсатын анықтайды, яғни аналогтық сигналдағы кішігірім өзгерістерді қаншалықты дәл ажыратуға болады. Бит тереңдігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым кванттау деңгейлері артады, бұл сигналды дәлірек цифрлауға мүмкіндік береді. Мысалы,

8-биттік ADC 256 (2^8) деңгейді ажырата алады, ал 16-биттік ADC 65,536 (2^{16}) деңгейді ажырата алады. Жоғары бит тереңдігі аспаптар мен дыбыс сияқты жоғары дәлдікті қажет ететін қолданбалар үшін маңызды.

Бірге түрлендіру жиілігі мен бит тереңдігі ADC-тің аналогтық сигналдарды сандық пішінге дәл және жылдам түрлендіру мүмкіндігін анықтайды, бұл оның әртүрлі қолданбалардағы қолданбаларының кілті болып табылады.



2.4-сурет – ADC схемасы

2.3 Қолданылған құрылғылар

Сервопривод - бұл механизмнің орнын, жылдамдығын және үдеуін дәл басқаруға арналған құрылғы. Сервожетегі қозғалтқыштан, кері байланыс жүйесінен және контроллерден тұрады. Жоғары дәлдіктегі басқару жүйесінің арқасында сервожетектер автоматтандыруда, робототехникада, станоктарда және жоғары дәлдік пен сенімділікті қажет ететін басқа салаларда кеңінен қолданылады. Сервожетектің негізгі компоненттері:

Электр қозғалтқышы сервожетектің негізгі жетек элементі болып табылады. Көбінесе қозғалтқыштардың келесі түрлері қолданылады: Тұрақты ток (тұрақты ток): Басқару оңай және жақсы динамикалық өнімділік; Айнымалы ток (АС): Жоғары қуат пен тиімділікті қамтамасыз етеді; Қылқаламсыз тұрақты ток (BLDC): жоғары сенімділікпен және ұзақ қызмет ету мерзімімен тұрақты және айнымалы ток қозғалтқыштарының артықшылықтарын біріктіреді.

Сервожетектің жұмыс принципі кері байланысы бар тұйық контурлы басқару жүйесіне негізделген, бұл оған позицияны, жылдамдықты және жеделдетуді басқаруда жоғары дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Жұмыс мақсатты мәнді орнату арқылы басталады, ол механизмнің қажетті позициясы, жылдамдығы немесе үдеуі болуы мүмкін. Кері байланыс жүйесі механизмнің ағымдағы күйін үздіксіз өлшейді және бұл ақпаратты контроллерге жібереді. Контроллер ағымдағы мәнді белгіленген мәнмен салыстыра отырып, олардың арасындағы айырмашылықты азайтуға тырысып, басқару сигналын жасайды. Бұл сигнал басқару сигналына сәйкес күйін реттейтін қозғалтқышқа беріледі. Осылайша, қозғалтқыш берілген жол бойынша өз орнын, жылдамдығын немесе үдеуін өзгертеді, бұл командалардың дәл орындалуын және жоғары дәлдіктегі қозғалысты басқаруды қамтамасыз етеді.



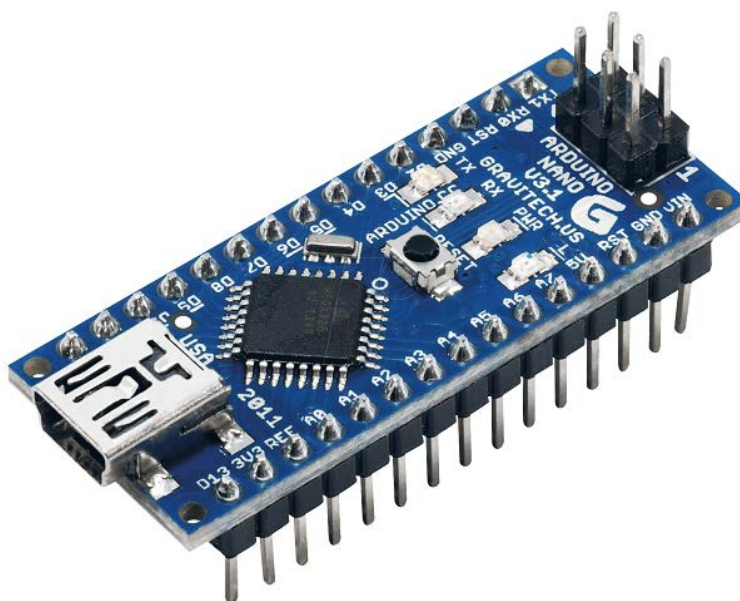
2.5-сурет – Сервопривод

Arduino - аппараттық және бағдарламалық құралды қамтитын электрондық дизайн және прототиптеу платформасы. Ол интерактивті жобаларды құруды жеңілдетуге арналған, пайдаланушыларға электроникаға, автоматикаға және заттар интернетіне (IoT) қатысты құрылғыларды жылдам және тиімді әзірлеуге мүмкіндік береді. Arduino - эксперимент және инновациялар үшін мүмкіндіктер беретін әртүрлі электрондық жобаларды жүзеге асырудың қуатты және қолжетімді құралы. Arduino негізгі аспектілері:

Аппараттық құрал: платформа Arduino Uno, Arduino Mega және Arduino Nano сияқты микроконтроллер тақталарына негізделген. Бұл платалар әртүрлі тапсырмаларды орындау үшін бағдарламаланатын микроконтроллерлермен, сондай-ақ сенсорларды, жетектерді және басқа модульдерді қосу үшін әртүрлі интерфейстермен жабдықталған.

Бағдарламалық құрал: Arduino IDE (Integrated Development Environment) Arduino тақталарына бағдарлама кодын жазу, құрастыру және жүктеп салу үшін қолданылады. Орта C/C++ негізіндегі бағдарламалау тілін қолдайды және әртүрлі компоненттермен және сенсорлармен жұмыс істеуге арналған көптеген кітапханаларды ұсынады.

Кеңейту тақталары (қалқандар): Бұл негізгі Arduino тақтасына қосылатын және оның функционалдығын кеңейтетін қосымша модульдер, мысалы, Wi-Fi, Bluetooth, GPS немесе қозғалтқышты басқаруды қосу үшін.



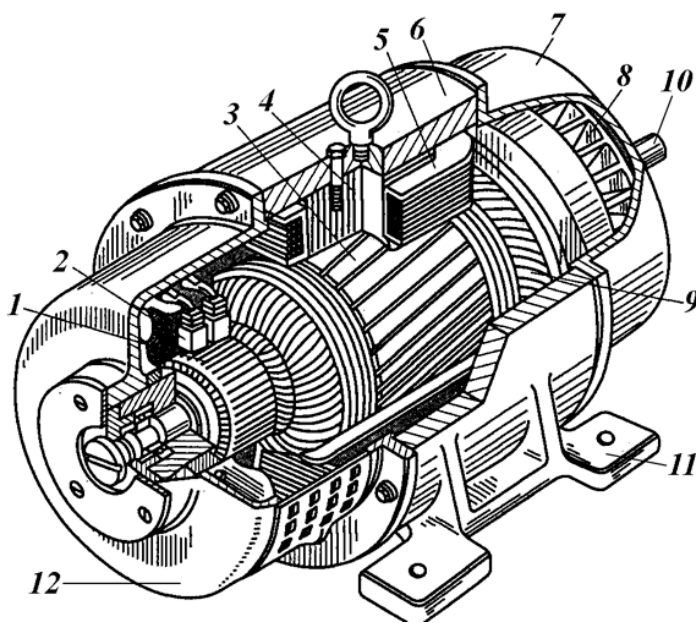
2.6-сурет – Arduino Nano

Тұрақты ток қозғалтқышы Шағын тұрақты ток қозғалтқышы (тұрақты ток қозғалтқышы) тұрақты токтың электр энергиясын айналмалы механикалық энергияға түрлендіруге арналған электромеханикалық құрылғы болып табылады. Мұндай қозғалтқыштар ойыншықтар, шағын құрылғылар, робототехника, автоматтандыру жүйелері және портативті электрондық құрылғылар сияқты әртүрлі қолданбаларда кеңінен қолданылады.

Шағын тұрақты ток қозғалтқышы келесі негізгі компоненттерден тұрады: Статор: магнит өрісін тудыратын қозғалтқыштың қозғалмайтын бөлігі. Шағын тұрақты ток қозғалтқыштарында статор тұрақты магниттерден жасалуы мүмкін. Ротор (зәкір): магниттік материалдың өзегіне оралған сым орамдарынан тұратын қозғалтқыштың айналмалы бөлігі. Коммутатор: айналу кезінде ротор орамаларында ток бағытын ауыстыратын, үздіксіз айналуды қамтамасыз ететін коммутатор тақталарынан тұратын механикалық құрылғы. Қылқаламдар: коммутатормен жанасатын, роторға электр тогын беретін тұрақты өткізгіш элементтер.

Жұмыс істеу принципі: Ротор орамаларынан электр тогы өткенде, токтың статордың магнит өрісімен әрекеттесуі ротордың айналуын тудыратын момент тудырады. Коммутатор мен щеткалар ротордың тұрақты айналуын сақтай отырып, айналу моменті бір бағытта қалатындай орамдардағы токтың дұрыс бағытын қамтамасыз етеді.

Шағын тұрақты ток қозғалтқыштарының сипаттамалары: Қоректендіру кернеуі: қозғалтқыш тиімді жұмыс істейтін номиналды кернеуді анықтайды. Шағын тұрақты ток қозғалтқыштары жиі 1,5-тен 12 вольтке дейінгі кернеулерде жұмыс істейді. Айналу жылдамдығы: минутына айналыммен (RPM) өлшенеді. Айналу жылдамдығы қолданылатын кернеуге және қозғалтқыштағы жүктемеге байланысты. Момент: қозғалтқыштың білікті айналдыра алатын күшін анықтайды. Кішкентай қозғалтқыштар үшін айналу моменті әдетте төмен, бірақ аз қуатты қолданбаларда пайдалану үшін жеткілікті. Энергия тиімділігі: шағын тұрақты ток қозғалтқыштары әдетте жоғары тиімді, бұл оларды қуатты шектеулі қолданбаларда пайдалануға мүмкіндік береді.



2.7-сурет – Шағын тұрақты ток қозғалтқышының құрылымы

Электромиографиялық (ЭМГ) датчик – бұлшықеттердің электрлік белсенділігін өлшеуге арналған құрылғы. EMG сенсорлары жүйке импульстарына жауап ретінде бұлшықет талшықтарында пайда болатын әрекет потенциалдарын жазады және оларды талдауға және түсіндіруге болатын электрлік сигналдарға түрлендіреді. Бұлшықет жүйке жүйесі арқылы белсендірілгенде, ол бұлшықет талшықтары бойымен жүретін электрлік потенциалды тудырады. EMG сенсорының электродтары бұл потенциалды жазады, ал күшейткіш оның амплитудасын арттырады. Сүзгілер қажетсіз шуды

және артефактілерді жояды және ADC тазартылған сигналды талдау үшін қолайлы сандық пішінге түрлендіреді.

EMG (электромиографиялық) сенсорлары протездеу саласында маңызды рөл атқарады, пайдаланушының бұлшықет сигналдары негізінде протездеуді басқаруды қамтамасыз етеді. Протездеуде EMG сенсорларын пайдалану табиғи және интуитивті басқарылатын протездер жасауға мүмкіндік береді, сонымен қатар ампутациясы бар адамдардың өмір сүру сапасын жақсартады.

Жұмыс принципі: EMG сенсорлары бұлшықет жиырылғанда немесе қозғалыс жасауға әрекеттенген кезде пайдаланушының бұлшық еттері жасайтын электрлік сигналдарды жазады. Бұл сигналдар протезге беріледі, ол оларды түсіндіреді және протезді басқару үшін тиісті командаларға түрлендіреді. Бұл пайдаланушыларға протездің қозғалысын бұлшықет белсенділігі арқылы басқаруға мүмкіндік береді, бұл олардың қолданылуын табиғи және тиімді етеді.

Протездеуде EMG сенсорларын қолданудың артықшылықтары:

– Табиғи бақылау: пайдаланушылар қозғалыстарды табиғи және ыңғайлы ете отырып, өздерінің бұлшықеттерін қолдана отырып, протезді интуитивті түрде басқара алады.

– Нақтырақ бақылау: EMG сенсорлары бұлшықет белсенділігіндегі минуттық өзгерістерді жазып алады, бұл протезді дәлірек және дәл басқаруға мүмкіндік береді.

– Бірнеше пәрмендер: әртүрлі бұлшықет сигналдарын сезіну мүмкіндігімен пайдаланушылар әртүрлі протездік функцияларды, соның ішінде ұстау, көтеру, түсіру және т.б. басқара алады.

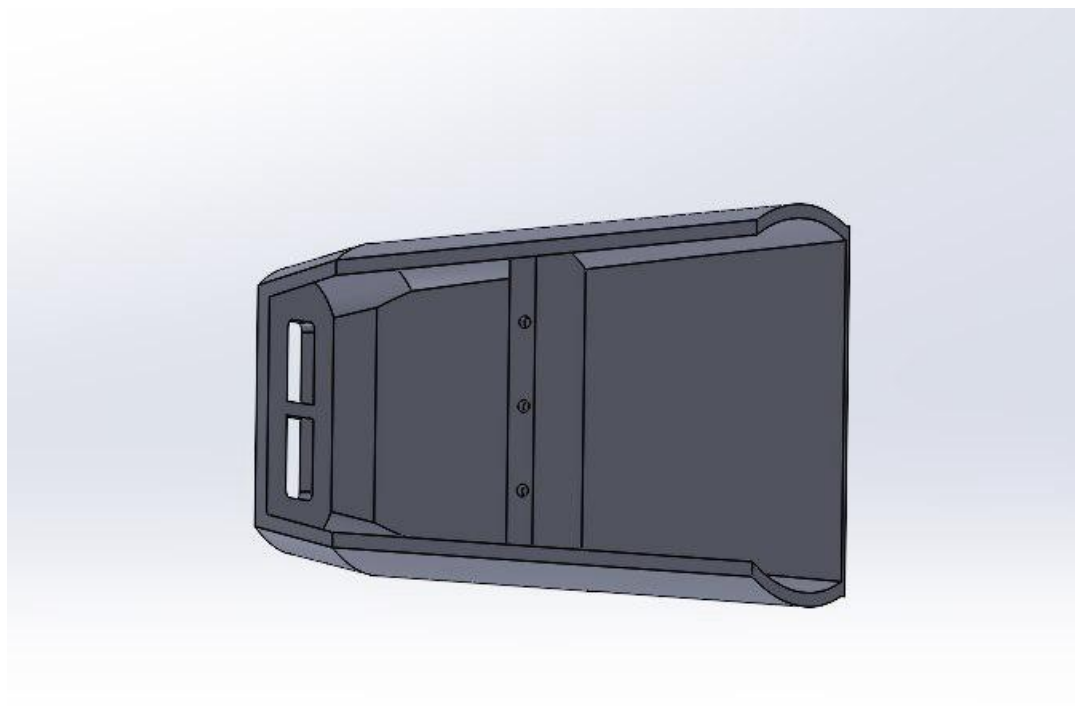
– Бейімделу: EMG сенсорлары протезді оңтайлы басқаруды қамтамасыз ететін пайдаланушының жеке сипаттамаларына бейімделуі және бейімделуі мүмкін.

3 3D модельді жобалау және принципіалды схемасы

SolidWorks – Dassault Systèmes SolidWorks Corp әзірлеген компьютерлік дизайн (CAD) бағдарламалық құралы. Бұл машина жасау, аэроғарыш өнеркәсібі, автомобиль жасау, медициналық құрылғы, электроника және басқа салаларда кеңінен қолданылатын 3D модельдеу және жобалау құралдарының бірі.

3.1 Қолдың 3D моделін құрастыру

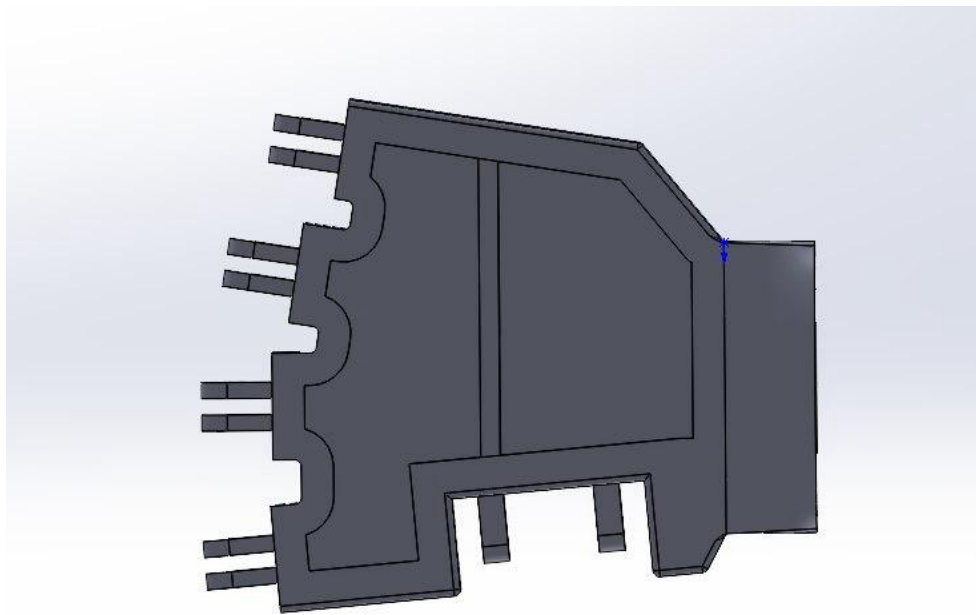
SolidWorks бағдарламалық жасақтамасы бионикалық протездің 3D үлгісін жасау үшін пайдаланылды. Модель үш негізгі компоненттен тұрады: білек, қол және саусақтар. Білекте протездің негізгі электроникасы, соның ішінде Arduino Nano контроллері, үш серво және EMG сенсоры бар. Білек денесі эстетикалық жағынан адамның білегіне ұқсайтындай етіп жасалған, жайлылық пен табиғи көріністі қамтамасыз етеді.



3.1-сурет – Білек бөлігі

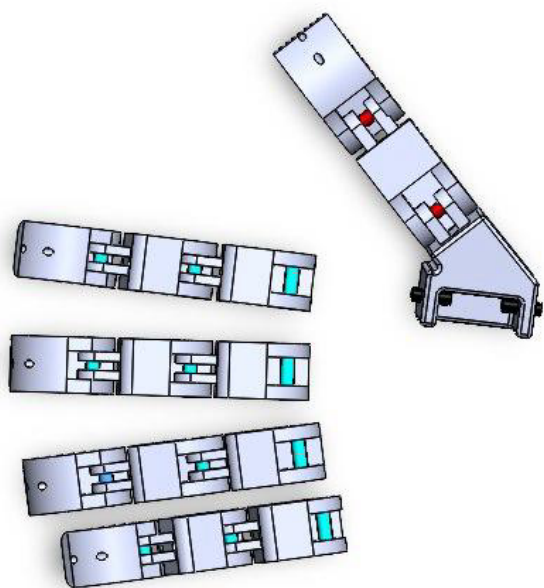
Қол сервоприводтар мен саусақтарды қосатын кабельдер үшін арна ретінде қызмет етеді. Кабельдер механизмнің қозғалмалы бөліктері ретінде әрекет етеді, серволардан саусақтарға қозғалысты беруді қамтамасыз етеді. Қылқалам

кабельдерді тиімді орналастыруға және қорғауға арналған, бұл олардың еркін қозғалуына және үйкелісті азайтуға мүмкіндік береді.



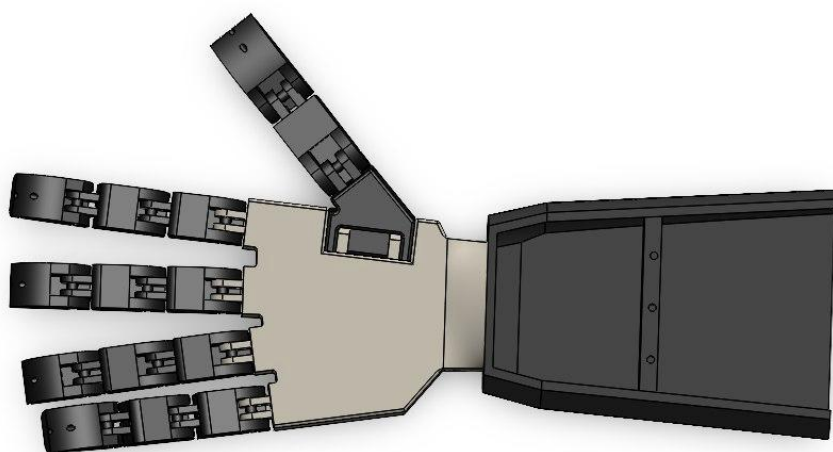
3.2-сурет – Алақан бөлігі

Саусақтар пластикалық түтіктермен байланысқан фалангтардан тұрады. Бұл қосылыстар адам саусақтарының қимылдарын еліктеу үшін қажетті икемділік пен күшті қамтамасыз етеді. Даму кезінде фалангтардың арасындағы үйкелісті азайтуға ерекше назар аударылды, бұл жұдырықтың тегіс қысылуын және босатылуын қамтамасыз етеді.



3.3-сурет – Саусақтардың 3D моделі

Үлгіні жасау үшін әр бөліктің беріктігі мен икемділік талаптарына байланысты PLA және ABS сияқты әртүрлі материалдар пайдаланылды. Бионикалық протездің әзірленген 3D моделі функционалдылықты, эстетиканы және эргономиканы біріктіріп, пайдаланушыға жайлылық пен табиғи көрініс береді.



3.4-сурет – Жалпы көрінісі

3.2 ЭМГ көмегімен қолды басқару

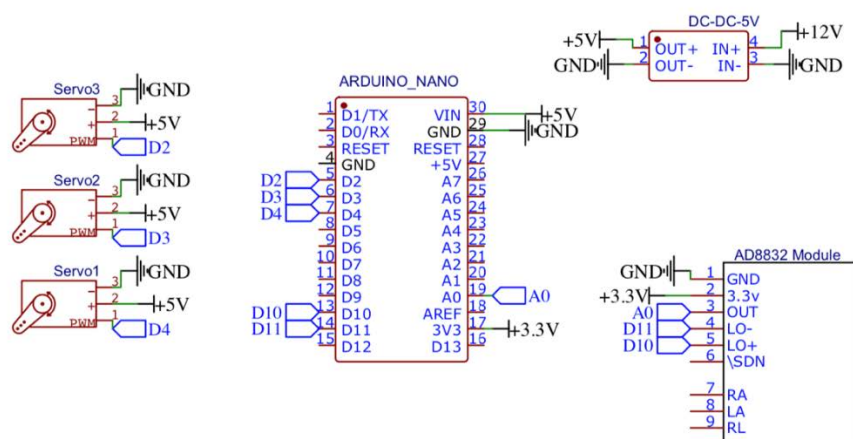
Бұлшық еттің негізгі бірлігі – бұлшық ет талшығы. Бұлшық ет белсендірілген кезде бұлшықет талшықтарының топтары бірге жанып кетеді, өйткені әрбір қозғалтқыш нейрон бірнеше бұлшықет талшықтарымен байланысады. Қозғалтқыш нейронның және онымен байланысты бұлшықет талшықтарының бұл қосындысы қозғалтқыш бірлігі деп аталады.

Бұлшықет әрекеті кезінде электрлік сигнал келесідей жасалады: жүйке импульсі қозғалтқыш бөлігіне келгенде, бұлшықет талшығы мембранасы 0,5 миллисекунд ішінде деполяризацияға ұшырайды. Деполяризация аймағында орналасқан электродтар бұлшықет талшықтарының электрлік потенциалын тіркейді.

Электродтар теріге бұлшықеттер аймағында бекітіледі, олардың белсенділігін жазу керек. Бұл электродтар бұлшықеттер жиырылған кезде пайда болатын электр сигналдарын қабылдайды. Электродтар жоғары потенциалды анықтаған кезде бұл бұлшықеттердің белсендірілуін және протездік саусақтардың жиырылуын көрсетеді. Потенциал төмендеген кезде саусақтар сәйкесінше ашылады.

Протездің білегінде орнатылған сервожетектер оларды саусақтардың фалангтарымен байланыстыратын кабельдерді жүргізеді. Бұл кабельдер күштерді серволардан саусақтарға тасымалдайтын қозғалатын элементтер ретінде әрекет етеді. Нәтижесінде фалангтар EMG сенсорларынан алынған сигналдарды бірінен соң бірі қайталайды, бұл адам қолының табиғи қозғалысына еліктейтін тегіс және үйлестірілген қозғалысты қамтамасыз етеді. Протездік басқару жүйесін пайдаланушының жеке қажеттіліктеріне бейімделіп, қозғалыстардың жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ете отырып, әртүрлі жұмыс режимдері үшін конфигурациялауға болады.

3.3 Принципиалды схемасы



3.5-сурет – Құрылғының принципіалды схемасы

Қол серволары білек бұлшықетінің бойында орналасқан электромиографиялық (ЭМГ) сенсорлардан алынған сигналдар негізінде басқарылады. Arduino Nano контроллер рөлін атқарады, EMG сигналдарын өңдейді және сәйкесінше серволарды басқарады.

Бұлшық ет жиырылғанда электрлік сигнал жасалады, оны S+ және S- сенсорлары жазып алады. Бұл сигнал Arduino Nano-ға жіберіледі. Бұлшықет жиырылуының күшіне байланысты Arduino Nano серво білігінің бұрышына сәйкес келетін санды алады. Arduino Nano содан кейін қолдың тегіс және басқарылатын қозғалысын қамтамасыз ете отырып, серво тұтқаны біркелкі және бірте-бірте қажетті бұрышқа жылжытады.

Дегенмен, шешуді қажет ететін белгілі бір қиындықтар бар:

1. Электродтардың орналасуы: жоғары сапалы сигнал алу үшін электродтарды қалаған бұлшықетке дәл жағу керек. Дұрыс емес орналасу сигналдың бұрмалануына және серволардың дұрыс басқарылмауына әкелуі мүмкін.

2. Электродтарды қауіпсіз бекіту: Бұлшықет жиырылуы кезінде электродтар кернеуге ұшырайтындықтан, ажырау мен жүйенің дұрыс жұмыс істемеуіне жол бермеу үшін сенімді бекітуді қамтамасыз ету қажет.

3. Сигнал сипаттамаларының өзгеруі: Уақыт өте келе электродтар мен тері арасындағы жақсы жанасуды қамтамасыз ету үшін қолданылатын электрод гелі кеуіп, сигнал сипаттамаларын өзгертуі мүмкін. Гельді мерзімді ауыстыру және жүйенің жауап беру деңгейін реттеу қажет болады.

Пайдаланылган әдебиеттер

[2] Аналого-цифровой преобразователь, encyclopedia

https://www.wikiwand.com/ru/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C

[1] Биоэлектрическое управление мехатронными системами

<https://official.satbayev.university/download/document/37966/6%D0%9207111-1-%D0%9A%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%90%D0%B9%D0%B3%D1%83%D0%BB%20.pdf>

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста мехатрондық жүйелерді биоэлектрлік басқару тақырыбы қарастырылды. Зерттеу биопотенциалдарды және олардың бұлшықеттердегі көріністерін теориялық талдауды, сондай-ақ құрылғының математикалық моделін эксперименталды әзірлеуді және сынауды қамтиды. Жұмыстың негізгі нәтижелері мен қорытындылары төмендегідей:

Теориялық бөлімде биопотенциалдардың қызмет етуінің негізгі принциптері қарастырылды. Зерттеу көрсеткендей, бұлшықеттер тудыратын электрлік сигналдар мехатрондық құрылғыларды басқаруда қолдану үшін маңызды әлеуетке ие. Әлемдік нарықта ұсынылған биопротездердің әртүрлі үлгілері зерттелді, бұл ең перспективалы тәсілдер мен технологияларды анықтауға мүмкіндік берді.

Жұмыстың тәжірибелік бөлімі биоэлектрлік сигналдармен басқарылатын құрылғыны әзірлеуге және сынауға арналды. Жұмыстың бір бөлігі ретінде құрылғыны нақты пайдаланушыға бейімдеуге мүмкіндік беретін математикалық прототип жасалды. Жүйенің негізгі элементі биопотенциалдарды басқару сигналдарына дәл түрлендіруді қамтамасыз ететін аналогты-цифрлық түрлендіргіш болып табылады.

Әзірленген құрылғының құрылымдық схемасы сервожетекті, Arduino контроллері, тұрақты ток қозғалтқышы және EMG сенсоры сияқты компоненттерді пайдалануды қамтиды. Бұл компоненттер сенімді және дәл басқаруды қамтамасыз ететін бір жүйеге біріктірілген. Құрылғының 3D дизайн үлгісі де әзірленді, ол физикалық тестілеуді жүргізуге және оның эргономикасы мен функционалдығын бағалауға мүмкіндік берді.

Сынақ нәтижелері ұсынылған жүйенің тиімділігін растады. Әзірленген құрылғы биоэлектрлік сигналдарға жауап берудің жоғары дәлдігі мен жылдамдығын көрсетті, бұл оны медициналық оңалту және көмекші технологиялар сияқты әртүрлі салаларда қолдануға жарамды етеді.

Қорытындылай келе, бұл жұмыс биоэлектрлік сигналдарды мехатрондық жүйелерді басқару үшін пайдалану перспективалы бағыт екенін көрсетті.

Қосымша А

```
#include <Wire.h>    // Подключение библиотеки Wire для I2C связи
#include <MPU6050.h> // Подключение библиотеки MPU6050 для работы с
датчиком MPU6050
#include <Servo.h>   // Подключение библиотеки Servo для управления
сервоприводами

MPU6050 mpu;        // Создание объекта для работы с MPU6050
Servo servo1;      // Создание объекта для первого сервопривода
Servo servo2;      // Создание объекта для второго сервопривода
Servo servo3;      // Создание объекта для третьего сервопривода

const int servoPin1 = 4; // Определение номера пина для первого сервопривода
const int servoPin2 = 5; // Определение номера пина для второго сервопривода
const int servoPin3 = 6; // Определение номера пина для третьего сервопривода
const float angleThreshold = 45.0; // Пороговое значение для угла крена в градусах

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Инициализация серийной связи на скорости 9600 бод
  Wire.begin();      // Инициализация I2C связи
  mpu.initialize();  // Инициализация датчика MPU6050

  // Проверка успешности подключения к MPU6050
  if (mpu.testConnection()) {
    Serial.println("MPU6050 успешно"); // Если соединение успешно, вывести
сообщение
  } else {
    Serial.println("MPU6050 неудачно"); // Если соединение не удалось, вывести
сообщение
  }

  // Привязка сервоприводов к их пинам
  servo1.attach(servoPin1);
  servo2.attach(servoPin2);
  servo3.attach(servoPin3);
}

void loop() {
  // Переменные для хранения сырых значений акселерометра
  int16_t ax, ay, az;
  // Получение сырых значений акселерометра от MPU6050
  mpu.getAcceleration(&ax, &ay, &az);
}
```

```

// Преобразование значений акселерометра в угол крена в градусах
float roll = atan2(ay, az) * 180 / PI;

// Нормализация угла крена к диапазону 0-360 градусов
roll = fmod(roll, 360.0);
if (roll < 0) roll += 360.0;

// Печать значения угла крена для отладки
Serial.print("Roll: ");
Serial.print(roll);
Serial.println(" deg");

// Управление сервоприводами на основе угла крена
if (roll > angleThreshold && roll < (360 - angleThreshold)) {
    // Перемещение сервоприводов в положение 180 градусов, если угол крена
    превышает пороговое значение
    servo1.write(180);
    servo2.write(180);
    servo3.write(180);
} else {
    // Перемещение сервоприводов в положение 0 градусов, если угол крена в
    безопасном диапазоне
    servo1.write(0);
    servo2.write(0);
    servo3.write(0);
}

delay(10); // Короткая задержка для стабилизации значений
}

```

6B07113– Робототехника және мехатроника мамандығының студенті

Шаймерден Алибек Берікұлы
дипломдық жобасына (жұмысына)

СЫН ПІКІР

Тақырыбы: **Мехатрикалық жүйелерді биоэлектрлік басқару**

Әзірленген:

- а) графикалық бөлімі ___ парақ
б) түсіндірме жазбасы _____ бетте

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Студенттің дипломдық жобасы «Мехатрикалық жүйелерді биоэлектрлік басқару» тақырыбында орындалған. Бұл жобада биоэлектрлік басқару принциптері, қазіргі заманғы өзектілігі және оның мехатрондық жүйелерге қолданылуы қарастырылады.


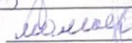
Жоба барысында биоэлектрлік басқару жүйесімен басқарылатын құрылғылардың зерттеулері мен есептеулері жүргізілді. Сонымен қатар, әлемдік аналогтардың артықшылықтары мен кемшіліктері талқыланды. Жобада біздің ұсынылған биоэлектрлік құрылғының 3D моделі, есептеулері және бағдарламаланған коды көрсетілген..

Дипломдық жоба ұйым стандартына сәйкес жазылған және жоба аударма, жазба және сызба жағынан сауатты жазылған. Дипломдық жобада мәтіндік және графикалық материалдардың құрылуына, баяндалуына, ресімделуіне және мазмұнына қойылатын жалпы талаптарға сәйкес ұйым стандарты бойынша жасалған.

ЖҰМЫС БАҒАСЫ

Студент Шаймерден Алибек Берікұлы «Мехатрикалық жүйелерді биоэлектрлік басқару» атты жұмыстық жобасы жасалды, жұмыс толығымен орындалған деп есептеймін. Дипломдық жоба 85 бағаланып, студент Шаймерден Алибек Берікұлы бакалавр академиялық дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Сын пікір беруші


Карымсакова Н.Т.
«24»  2024 ж.



6B07111 – «Робототехника және мехатроника» мамандығының студенті
Шаймерден Алибектің
дипломдық жобасына (жұмысына)

ПІКІР

Шаймерден Алибектің бакалаврлық дипломдық жобасы «Мехатроникалық жүйлереді биоэлектрлік басқару» арналған.

Теориялық бөлімде студент биопотенциалдардың табиғатына және олардың аяқ бұлшықеттеріндегі генерациясына толық талдау жасады. Әлемдік нарықта ұсынылған биопротездердің қолданыстағы үлгілеріне ерекше назар аударылады. Бұл ресурс технология дамуының ең перспективалы бағыттарын анықтайды.

Эксперименттік бөлім нақты пайдаланушыға арналған құрылғының математикалық моделін әзірлеуге және енгізуге арналған. Жүйенің аналогты-цифрлық түрлендіргіш, сервожетегі, Arduino контроллері, тұрақты ток қозғалтқышы және EMG сенсоры сияқты негізгі компоненттері сипатталған. Студент құрылғының құрылымдық схемасын ұсынып, сынақтан өткізді, сонымен қатар модельдің 3D дизайнын жасады.

Дипломдық жұмыстың тақырыбы өте өзекті, өйткені қазіргі заманғы биоэлектрлік басқару технологиялары медицинада, медицинада және өзара байланысты қажет ететін басқа салаларда кеңінен қолданылады.

Дипломдық жобада мәтіндік және графикалық материалдардың құрылуына, баяндалуына, ресімделуіне және мазмұнына қойылатын жалпы талаптарға сәйкес ұйым стандарты бойынша жасалған. Студент Шаймерден Алибектің Мехатроникалық жүйлереді биоэлектрлік басқару атты жұмыстық жобасы жақсы дәрежеде жасалып, толығымен орындалған деп есептеймін. Дипломдық жоба жақсы бағаланып, студент Шаймерден Алибек бакалавр академиялық дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Ғылыми жетекші

Т.ғ.м., оқытушы

 Игембай Е. А

«30» мамыр 2024ж.



Метаданные

Название

Мехатроникалық жүйелерді биоэлектрлік басқару

Автор

Шаймерден Алибек Берікулы

Научный руководитель / Эксперт

Ерболат Игембай

Подразделение

ИАИИТ

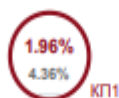
Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

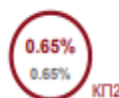
Замена букв		0
Интервалы		0
Микропробелы		4
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		16

Объем найденных подоби

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках. Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.

**25**

Длина фразы для коэффициента подобия 2

**5114**

Количество слов

**43699**

Количество символов

Поиск контента ИИ

Интегрированный модуль поиска контента AI. Нажмите «Подробнее», чтобы узнать больше о результатах и алгоритме поиска.

Коэффициент вероятности ИИ



Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
---------------------	--	--