

## ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИВОДУ АНТРОПОМОРФНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ РУКИ

**Постоялко Д.А., магістрант, Толочко О.І., д.т.н., проф.**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** Близько 15% людей у всьому світі страждають від анатомічних дефектів. Більше 50 мільйонів людей щорічно стають інвалідами. Під час війн ці цифри зростають в рази. Серед усіх людей, що мають ампутаційні дефекти, 8% втрачають верхні кінцівки. Із них 42% втрачають пальці та кісті рук. Одним з найважливіших етапів відновлення таких хворих після ампутації є протезування.

На сьогодні науково-технічний прогрес сприяє створенню електромеханічного протезу, схожого з природною кінцівкою не тільки по функціонально, а ще й за зовнішнім виглядом. Завдяки передовим технологіям, прогресивним матеріалам, збалансованому розміщенню електроприводів, вимірювачам зусиль дотику і ємним акумуляторам розробникам протезів вдається реалізувати біонічні верхні кінцівки, які можуть виконувати більшу частину повсякденних дій.

Основною проблемою цієї галузі є висока ціна на готову продукцію.

У зв'язку з цим, розробка якісної та дешевої антропоморфної робототехнічної руки є вельми своєчасною і важливою. Якість функціонування робототехнічної руки у значній мірі залежить від вибору електричного та електронного обладнання, яке дозволить автоматизувати виконання окремих маніпуляцій.

**Мета роботи.** Вибір електричного та електронного обладнання для антропоморфної робо-руки інваліда.

**Матеріали і результати досліджень.** Аналіз існуючих рішень показав, що для забезпечення рухів пальців і керування ними необхідним є таке обладнання: 5 двигунів зі вбудованими датчиками положення, датчики вигину, автономне джерело живлення та мікропроцесорну систему керування.

Основними вимогами, що ставляться до двигунів, здійснюючих рухи пальців є їх невелика вага і габарити, простота обслуговування, надійність, енергоефективність. Таким вимогам відповідають безколекторні двигуни постійного струму (БДПС, англ. BLDC – Brushless DC motor). Зростаюча популярність цих двигунів у порівнянні з двигунами колекторного типу зумовлена заміною механічної комутації електронною, завдяки чому підвищується надійність та тривалість безаварійної роботи, скорочуються затрати на обслуговування [1]. У порівнянні з асинхронними двигунами вони також мають вищий ККД та кращі показники відношень потужності до ваги і електромагнітного моменту до моменту інерції.

Безколекторними двигунами постійного струму називають синхронні двигуни з постійними магнітами з трапецоїдальною формою ЕРС, які керуються від датчика поточного положення ротора.

Найбільшу популярність вони знайшли у таких секторах як робототехніка, електричні транспортні засоби малої потужності, безшумні вентилятори, шуруповерти, кондиціонери, дрібна побутова техніка, жорсткі диски, CD/DVD приводи, сучасні безпроводні ручні інструменти.

Враховуючи викладені вище вимоги та досвід провідних компаній, для приводу пальців робо-руки обрано сервомотор MG996R, основні характеристики якого подані у табл. 1 [2].

Таблиця 1 – Характеристики MG996R

Характеристики	Значення
Номінальна напруга	5 В
Робочій струм	200 мА
Робоча швидкість ( $\omega_p$ )	60 град / 0,17 с
Обертальний момент	9.4 кг*см
Пусковий струм	2.5 А
Маса	55 г
Розмір	40,7 x 19,7 x 42,9 мм

MG996R – це цифровий сервопривод з металевими шестернями та валом, призначений для універсального використання. Він має оновлений захист від ударів і перероблену систему керування друкованою платою та мікросхемою, що робить його набагато точнішим, ніж його попередник MG995. Редуктор і двигун також були оновлені, що зменшило зазори в кінематичній передачі і покращило центрування У комплект також входять чотири різні насадки з отворами для кріплення на них елементів управління.

Система керування сервоприводом складається з налагоджувальної плати та датчиків вигину. Для передачі руху використовується натяг нитки. Для керування таким двигуном можна застосувати просту у програмуванні та дешеву плату Arduino UNO.

Датчик вигину, або тензорезистор – це резистор, опір якого змінюється в залежності від його деформації. Тензорезистори дозволяють вимірювати деформації механічно пов'язаних із ними елементів і є основною складовою частиною тензодатчиків, що застосовуються для непрямого вимірювання сили, тиску, ваги, механічних напруг, крутних моментів та ін.

Дані датчики застосовуються для вимірювань кутів та зсувів, а також дозволяють аналізувати різні вигини отримувати інформацію про фізичний стан та/або рух пристрою. При розтягуванні провідних елементів тензорезистора збільшується їх довжина та зменшується поперечний переріз, що збільшує опір тензорезистора. При стисканні опір навпаки зменшується.

Датчик вигину компанії DFRobot [3], виготовлений за патентованою технологією Spectra Symbol, має довжину 4,5 дюйми (11,4 см). Фізично він розгинається та згинається за допомогою пристрою руху. Основним призначенням є вимірювання кутового зміщення. Опір змінюється, коли металеві квадрати знаходяться зовні вигину. Конектори мають відстань 0,1

дюйма та підходять для з'єднання з макетними платами. Основними перевагами є простота конструкції та низький профіль.

Таблиця 2 – Характеристики Датчик вигину компанії DFRobot

Характеристики	Значення
Інтерфейс	аналоговий
Довжина	110мм
Життєвий цикл	> 1 млн.
Висота	0,43 мм (0,017 дюйма)
Температурний діапазон	від -35 ° С до +80 ° С
Плоский опір	10 кОм
Допуск опору	± 30%
Діапазон опору вигину	від 60 кОм до 110 кОм
Номінальна потужність	0,50 Вт постійна, 1 Вт пікова

В якості автономного джерела живлення доцільно використати акумуляторну батарею. В табл. 3 наведені характеристики акумулятора фірми Turnigy Power Series, який підходить для живлення обраного двигуна [4].

Таблиця 3 – Характеристики акумулятора Pickle Power

Характеристики	Значення
Тип акумулятора	Ni-Mh (метал-гідрид)
Напруга	6 в
Ємність	4200 мАч
Рознімач (конектор)	JR
Розмір	69x46x43мм
Вага	0.3 кг

Електричне і електронне обладнання з наведеними вище характеристиками можна застосувати для керування роботизованою рукою, поєднавши їх в єдиний пристрій, функціональна схема якого показана на рис. 1.

Вона складається із плати Arduino UNO, датчиків вигину, джерела живлення та сервомоторів. Цифрові виходи слугують для передачі значення кутів повороту сервомоторів. До аналогових входів під'єднуються виходи аналогових тензодатчиків. Резистори R є стягуючими резисторами.

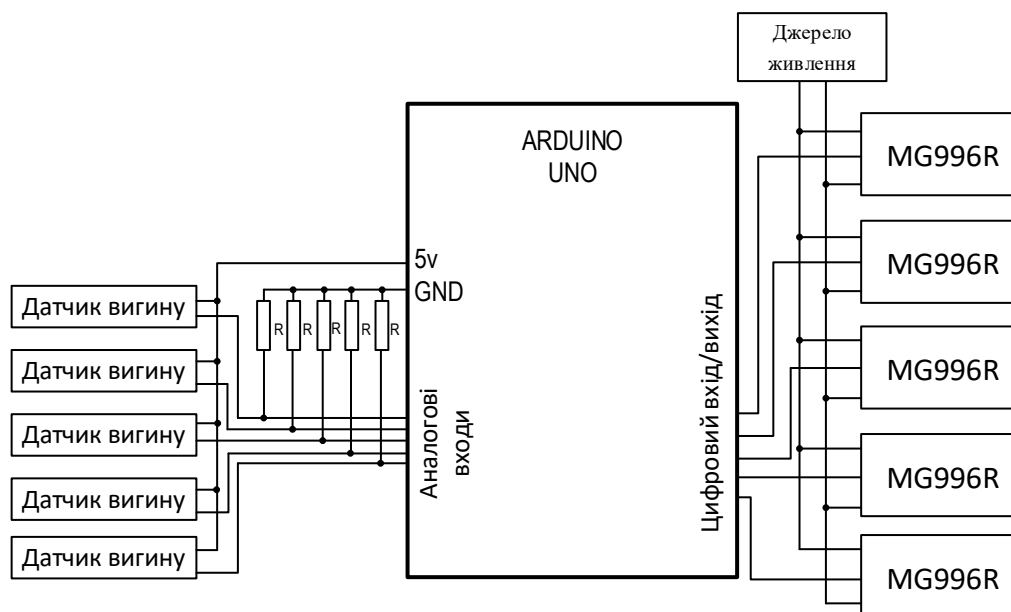


Рисунок 1 – Функціональна схема робот-руки

**Висновки.** Основні вимоги до вибору електричних та електронних компонентів, необхідних для приведення до руху пальців робо-руки, полягають у забезпеченні високої точності позиціонування при мінімальних габаритах і вазі обладнання, його високої надійності, ефективності та простоті обслуговування. Обрані компоненти відповідають поставленим вимогам.

Надалі необхідно зробити механічний зразок руки, встановити на ньому тензодатчики, під'єднати їх до системи керування, запрограмувати плату Arduino UNO на відпрацювання заданого положення, кінематично приєднати двигуни до пальців та налаштувати створену систему на виконання робо-рукою найважливіших функцій.

#### Перелік посилань

1. Hao Wu, Xinya Sun and Yindong Ji. Precise Speed Control of Brushless DC Motors Based on Optimal Control, 2008, 1-2
2. Servo MG996R. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1131873/ETC2/MG996R.html>
3. DFRobot. Flex Sensor "4.5". URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/FLEXSENSORREVA1.pdf>
4. Акумулятор Turnigy Power Series. URL: <https://modelistam.com.ua/akkumulyator-4200mah-turnigy-receiver-pack-sub-p-37700/>
5. Electronic Speed Controller. URL: <https://blog.avislab.com/brushless07/>
6. Безколекторні двигуни постійного струму. URL: <https://220v.guru/elementy-elektriki/dvigateli/beskollektornye-dvigateli-postoyannogo-toka.html>