

# XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

# TKI2024

## TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15-18 października 2024

### Proteza dłoni sterowana sygnałami EMG

Kacper Zajdel<sup>1</sup>, Dominik Poślada<sup>1</sup>, Michał Stankiewicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Koło Naukowe Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, Wojskowa Akademia Techniczna

<sup>2</sup>Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna

email: kacper.zajdel@student.wat.edu.pl, dominik.poslada@student.wat.edu.pl, michal.stankiewicz@wat.edu.pl

**STRESZCZENIE:** Celem niniejszego projektu jest opracowanie protezy dłoni, która umożliwi sterowanie palcami za pomocą sygnałów EMG. Urządzenie zostało zaprojektowane tak, aby umożliwić chwytanie i przenoszenie przedmiotów poprzez mechaniczne zginanie palców, realizowane za pomocą silników krokowych, sterowanych sygnałami EMG. W ramach projektu opracowano pierwszy prototyp, który pozwala na zginanie i prostowanie palca. Przeprowadzono również badania na grupie pięciu osób, podczas których analizowano zależność siły sygnału EMG od wieku i kompozycji ciała. Wyniki wskazują, że siła sygnału EMG może być zależna od tych czynników, co wymaga dalszych badań.

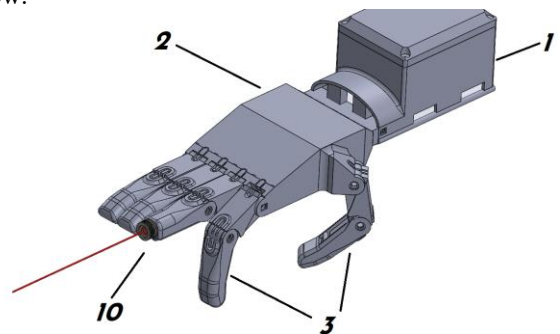
**SŁOWA KLUCZOWE:** proteza, emg, druk 3D

#### 1. Wstęp

W ostatnich latach znacząco wzrosło zainteresowanie możliwościami druku 3D oraz jego zastosowania w medycynie [1]. Za jego pomocą możliwe staje się tworzenie skomplikowanych geometrii, których nie da się uzyskać innymi sposobami, co otwiera nowe możliwości projektowania w różnych branżach, takich jak bioinżynieria. Ponadto, możliwe jest tworzenie funkcjonalnych części bez konieczności montażu, co przekłada się na oszczędność czasu i kosztów produkcji. Dodatkowo ogranicza się ilość odpadów oraz minimalizuje użycie szkodliwych substancji chemicznych, co przyczynia się do bardziej ekologicznego procesu produkcyjnego [2]. Koszt komercyjnej protezy ręki wykorzystującej sygnały EMG może wynosić od 4000 do 10 000 dolarów dlatego coraz więcej osób decyduje się na konstruowanie protez za pomocą druku 3D [3]. Większość protez dostępnych komercyjnie produkowana jest z myślą o dzieciach. Wśród dostępnych na rynku modeli, takich jak bebionic, Hero Arm, czy i-limb, można znaleźć rozwiązania oferujące różne stopnie swobody i zaawansowania technologicznego [4]. Mioelektryczne protezy, choć obiecujące, wciąż napotykają na istotne wyzwania, które wymagają dopracowania. Precyzyjna kontrola protez w codziennych warunkach jest trudna do osiągnięcia, głównie ze względu na zakłócenia i szumy w sygnałach EMG. Wymaga to zaawansowanego przetwarzania sygnałów, jednak nawet nowoczesne metody, takie jak ICA i CSP, nie rozwiązują wszystkich problemów. Systemy te mają również trudności z adaptacją do różnorodnych użytkowników i zmieniających się warunków otoczenia [5].

#### 2. Przedmiot pracy

Przedmiotem pracy jest stworzenie protezy wykorzystującej sygnały EMG do sterowania ruchami palców.



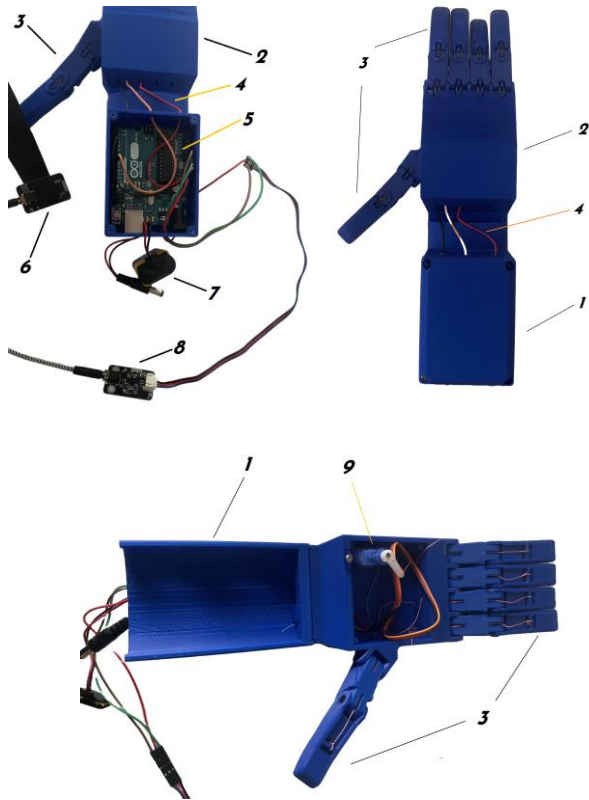
Rys. 1 Model protezy

Konstrukcja została wykonana przy pomocy wytwarzania przyrostowego z ABS-u, i składa się z takich elementów jak (rys. 1):

- część nadgarstkowa (1) (rys.1) służąca jako element łączący protezę z ludzkim ciałem. W tym elemencie znajduje się kontroler sterujący protezą oraz zasilanie,
- część dłoni (2) (rys. 1) służąca jako element chwytny w którym znajduje się część mechaniczna protezy składająca się z serwomechanizmów oraz kół zębatach, które za pomocą cięgien zginają palce,
- części palców (3) (rys. 1) podzielonych na dwa elementy jakimi są paliczki dalsze i paliczki bliższe. Części te razem z częścią dłoni pozwalają na chwytanie obiektów.

Protezę zakłada się na końcową część kikutu i mocuje specjalnymi pasami. Sterowanie protezą oparte jest na

sygnałach EMG pozyskiwanych z powierzchni skóry znajdującej się nad wybranym mięśniem. Sygnał pozyskiwany jest z mięśnia dwugłowego ramienia oraz mięśnia mostkowo-obojczykowo-sutkowego. W momencie gdy czujniki wykryją napinanie mięśnia, proteza zgina lub prostuje palce w zależności od ich początkowego położenia. Wykonany został także eksperyment badający siłę sygnałów EMG na zróżnicowanej grupie osób.



Rys. 2 Proteza i jej części składowe

Jako sterownik protezy wykorzystany został moduł Arduino UNO(5) (rys. 2), który za pomocą przewodów (4) łączy się z serwomechanizmem (9). Z drugiej strony mikrokontroler podłączony jest do czujnika EMG DFRobot Gravity (6) przez filtr (8). Dodatkowo do protezy podłączone jest zasilanie z baterii PP3 9V (7). Możliwe jest również dołączanie różnych akcesoriów takich jak np. wskaźnik laserowy (10).

### 3. Metodologia badań sygnału EMG

W trakcie opracowywania protezy wykonano eksperyment z wykorzystaniem czujników EMG na pięciosobowej grupie testowej. Osoby badane różniły się od siebie wiekiem oraz zawartością tkanki tłuszczowej. Badaniu poddane zostały mięśnie dwu i trzygłowe ramienia oraz mięsień mostkowo-obojczykowo-sutkowy. W trakcie badania osoby badane zostały poproszone o napinanie danych mięśni bez dodatkowego obciążenia oraz z zablokowaną kończyną lub głową. Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu można stwierdzić, że wiek oraz tkanka tłuszczowa ma bardzo duży wpływ na wielkość i jakość szczytowanego sygnału EMG. U osób starszych zaobserwowano słabszy sygnał EMG niż u osób młodszych i z przeciętną sylwetką. W przypadku osób z mało elastyczną i wiszącą skórą, sygnał ten był nie do

odczytania. Dlatego siła sygnału wyzwalającego ruch protezy musi być dostosowana bezpośrednio do każdej osoby. W przeciwnym przypadku może dojść do nieprawidłowego funkcjonowania protezy poprzez losowe otwieranie i zamykanie się dłoni.

### 4. Podsumowanie

Celem projektu jest opracowanie protezy dłoni sterowanej sygnałami elektromiograficznymi (EMG), umożliwiającej precyzyjne zginanie i prostowanie palców. Proteza jest zaprojektowana z myślą o umożliwieniu chwytania i przenoszenia przedmiotów poprzez mechaniczne zginanie palców realizowane za pomocą silników krokowych, sterowanych przez sygnały EMG. W ramach projektu powstał prototyp, który umożliwia podstawowe funkcje chwytne. Dodatkowo, przeprowadza się badania mające na celu analizę wpływu wieku i zawartości tkanki tłuszczowej na siłę sygnałów EMG u pięciosobowej grupy testowej.

Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań:

- 1) Siła sygnału EMG wykazuje istotną zależność od wieku badanych, co objawia się niższymi wartościami sygnału u osób starszych.
- 2) Zawartość tkanki tłuszczowej wpływa na jakość i amplitudę sygnału EMG, co może wymagać indywidualnego dostosowania czułości systemu protezy do parametrów fizjologicznych użytkownika.
- 3) Wyniki badań wskazują na potrzebę dalszych analiz w celu optymalizacji działania protezy, aby zapewnić jej prawidłowe funkcjonowanie u użytkowników o zróżnicowanych cechach fizjologicznych.

Nowatorskim aspektem pracy jest wykorzystanie technologii druku 3D do produkcji akcesoriów protezy dłoni oraz próba dostosowania sterowania protezą przez jak największe grono osób. Umożliwia to lepsze dostosowanie protezy do indywidualnych potrzeb użytkowników, co jest kluczowe dla zapewnienia jej niezawodnego i precyzyjnego działania.

### Literatura

- [1] Czestochowa University of Technology, P. Rajczyk, Czestochowa University of Technology, and K. Bednarczyk, "3d printing technology for the prototyping of prosthesis construction and exoskeletons" *Zesz. Nauk. Politech. Częstochowskiej Bud.*, vol. 176, no. 26, pp. 162–167, Jan. 2021, doi: 10.17512/znb.2020.1.24.
- [2] T. Campbell, C. Williams, O. Ivanova, and B. Garrett, "Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing," Oct. 2011.
- [3] L. Resnik et al., "Advanced upper limb prosthetic devices: implications for upper limb prosthetic rehabilitation," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 93, no. 4, pp. 710–717, Apr. 2012, doi: 10.1016/j.apmr.2011.11.010.
- [4] Calado, A., Soares, F., & Matos, D. (2019). A Review on Commercially Available Anthropomorphic Myoelectric Prosthetic Hands, Pattern-Recognition-Based Microcontrollers and sEMG Sensors used for Prosthetic Control. 2019 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC). doi:10.1109/icarsc.2019.8733629
- [5] Parajuli N, Sreenivasan N, Bifulco P, Cesarelli M, Savino S, Niola V, Esposito D, Hamilton TJ, Naik GR, Gunawardana U, et al. Real-Time EMG Based Pattern Recognition Control for Hand Prostheses: A Review on Existing Methods, Challenges and Future Implementation. *Sensors*. 2019; 19(20):4596. <https://doi.org/10.3390/s19204596>