

**Jacek TUTAK**, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej, Politechniki Śląskiej

## **SPOSOBY STEROWANIA PROTEZAMI KOŃCZYN GÓRNYCH CZŁOWIEKA, NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA**

Streszczenie: W pracy przedstawiono kilka sposobów sterowania protezami: sterowanie mechaniczne grupą mięśni, sterowanie elektromechaniczne, sterowanie pneumatyczne i sterowanie bioelektryczne. Omówiono także projekt „Cyberhand” oraz inteligentną rękę profesora Kevina Warwicka.

### 1. WSTĘP

Niniejszy artykuł porusza zagadnienie sterowania układu człowiek-proteza. W procesie tym obserwujemy współdziałanie mechanizmów fizjologicznych i mechanizmów mechanicznych protez.

### 2. STEROWANIE

Ręka jest jednym z ważniejszych elementów naszego ciała. Jej poprawne funkcjonowanie ułatwia nam codzienne czynności. Problem całkowitego braku ręki lub jej części wiąże się nie tylko z problemem funkcjonalnym, ale także z oszpeceniem powodującym u niektórych osób również gorsze poczucie psychiczne. Dlatego cały czas trwają intensywne prace w tej dziedzinie. Problem związany z doбором odpowiedniego pokrycia kosmetycznego osiągnęły dobrym poziomie rozwoju. Cały czas pozostaje kwestia usprawnienia sterowania i części mechanicznych. W momencie amputacji ręki mamy do czynienia z niekompletnym układem, gdyż nie występuje sprzężenie zwrotne.

Pierwszym z rodzajów jest sterowanie bierne. Stosowane jest u małych dzieci lub ludzi starszych niemogących wykorzystywać zawieszona sterującego. Rozwieranie ręki lub haka jest uzyskane dzięki pomocy drugiej zdrowej kończyny. Służy głównie do maskowania kalectwa oraz przytrzymywania przedmiotu.

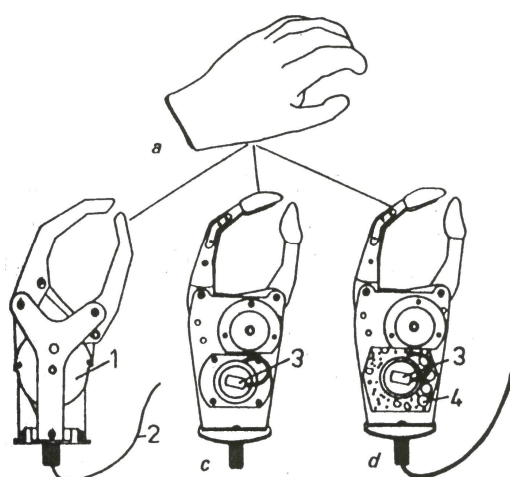
Do sterowania czynnego zaliczymy:

- sterowanie siłą mięśni. Duży zakres ruchu w obrębie barków i stawu barkowo-ramiennego (kończyna protezowana) przenoszony jest dzięki linie sterującej. Jednym końcem przyczepiony do pętli szelkowej, zaś dłuższym do ręki protezowanej lub haka. W obrębie stawu łokciowego linka nie zmienia swojego położenia, względem tego stawu gdyż znajduje się w osłonce.

- sterowanie mechaniczne grupą mięśni. Sposób powoli wychodzący z użycia. Opracował go Sauerbruch przeprowadzając zabieg mioplastyczny, który polegał na wszczepieniu pręta

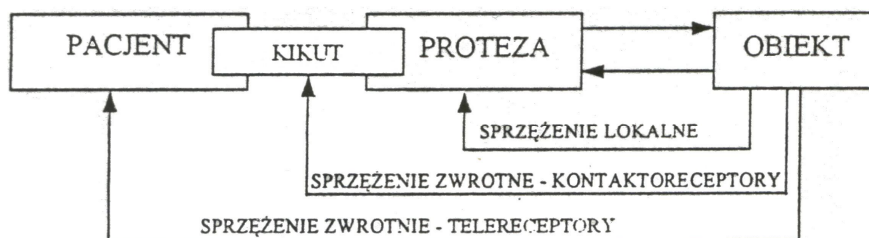
z kości słoniowej lub pręta metalowego do poprzecznego tunelu w brzoścu mięśnia. Przed umieszczeniem pręta w tunelu wszczepiono kanałowo zdrową skórę. Tunel mięśniowo-skórny wymaga bardzo starannego pielęgnowania. U pacjentów często występują przewlekłe zapalenia i zarastanie tunelu. Sterowanie protezą odbywa się w momencie skurczu mięśnia. Pręt jest przesuwany w kierunku bliższym zaś linki powodują otwarcie lub zamknięcie zastosowanej końcówki chwytnej. Najczęściej w tego typu protezie wykorzystujemy mięsień dwugłowy ramienia. Zaletą tego typu rozwiązania jest dobra kontrola siły chwytu.

- kolejny sposób to sterowanie elektromechaniczne, w którym ruch palców zasilany jest dzięki baterii elektrycznej, zaś sterowanie jest mechaniczne. Naturalny ruch obręczy barkowej jest przenoszony za pomocą linki na zawieszenie protezy oraz na dźwignie mikrowyłącznika otwierania i zamykania dopływu prądu. Na poniższym rysunku przedstawiono typy stosowanych rąk protetycznych:



Rys.1 a-pokrycie kosmetyczne, b- ręka mechaniczna, c- ręka elektromechaniczna, d- ręka bioelektryczna: 1- bęben z nawiniętą sprężyną zwierającą palce, 2- linka sterująca, 3- silnik elektryczny, 4- elektroniczny układ sterowania[1]

- sterowanie bioelektryczne: odbywa się ono za pomocą sygnałów mioelektrycznych powstających w kurczących się kikutach mięśni zginaczy i prostowników. Jest to jedno z najpowszechniej stosowanych rodzajów sterowań. Działalność układu nerwowo-mięśniowego jest związana z powstawaniem i zmianą biopotencjałów. Wielkość ta jest w pewnym stopniu proporcjonalna do mechanicznych zmian naprężeń włókna mięśniowego. Za pomocą dwóch elektrod wmontowanych w ścianki leja protezy wychwycone zostają sygnały z aktonów mięśniowych z powierzchni skóry. Sygnał bioelektryczny powstały w obrębie kurczącego się mięśnia zostaje przetworzony na sterowanie protezą ręki. Zasilanie jest elektryczne. W przedstawionym sposobie nie może zabraknąć sterowania zwrotnego. Sterowanie to oparte jest na schemacie zaproponowanym przez N. A. Bernesteina. Na rys.2 przedstawiono schemat obrazujący zależność sprzężenia w procesie sterowania.

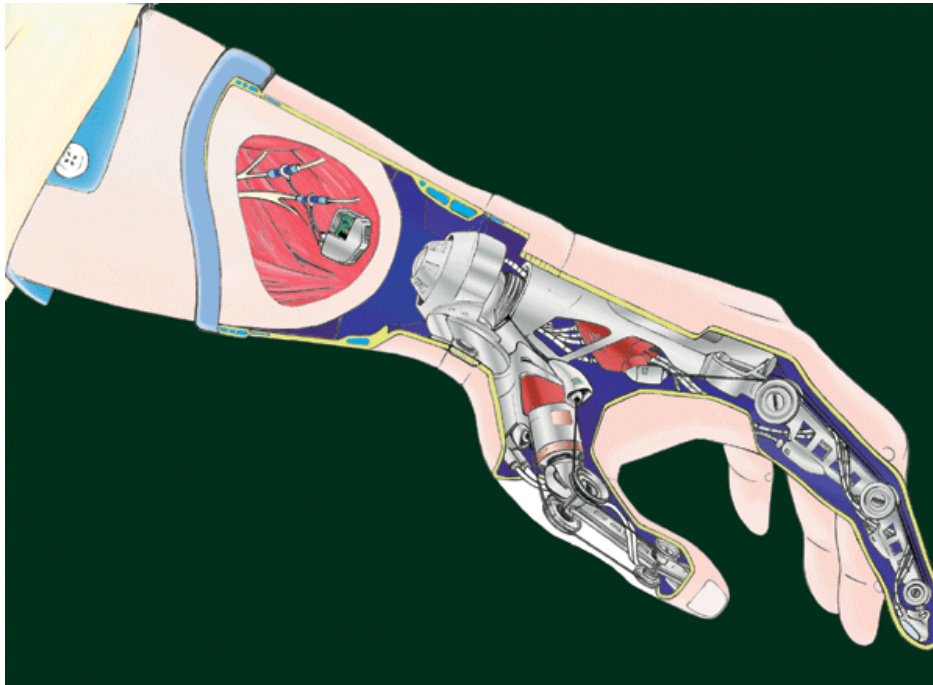


Rys.2 Schemat blokowy wymiany informacji pomiędzy pacjentem, protezą a układem sterowania[2]

Praca przedstawionego rozwiązania ręki jest wspomagana przez umieszczone na końcach palców czujniki z pianki poliuretanowej nasyconej pastą przewodzącą. Czujnik zapewnia odpowiednie uchwycenie, manipulowanie, przenoszenie oraz opuszczenie przedmiotu. Bardzo ważną rzeczą w protezach ręki jest dobranie odpowiedniej siły chwytu. Ma to ogromne znaczenie, gdy pacjenci mają do czynienia z przedmiotami kruchymi. Do napędu silnika ręki służy mała bateria o napięciu 12V i pojemności 0,45 amperogodzin. Wystarcza ona na użytkowanie w ciągu całego dnia. Wieczorem należy ją podładować używając ładowarki podłączanej do gniazdka 220V.

W ostatnich kilku latach prowadzone są bardzo intensywne badania nad sterowaniem za pomocą myśli. Protezy takie są zbudowane głównie z odpowiednich stopów aluminium i włókien węglowych. Trwają starania nad zastąpieniem napędu bioelektrycznego napędem miopneumatycznym, którego zaletami są: szybkie działanie, lekka konstrukcja, niezawodność i niewielkie rozmiary. Coraz częściej stosuje się sieci neuronowe i najnowsze rozwiązania wymiany informacji. Sterowanie takie odbywa się dzięki falom mózgowym, które są odczytywane przez odpowiednie czujniki zamontowane na protezie. Mózg emituje fale o czterech zakresy częstotliwości, do których zaliczamy: fale alfa, fale beta, fale theta oraz fale delta. Badania w tym zakresie prowadzone są przez profesora Kevina Warwicka z University of Reading, England[3]. Wszczepiony w układ nerwowy lewego przedramienia niewielki chip wyposażony w 100 elektrod, pozwala na sterowanie elektrycznego wózka inwalidzkiego oraz nowoczesnej protezy. Jakikolwiek ruchy ręki są odbierane z układu nerwowego przez wszczepiony implant, przekazane następnie do układu sterującego, który interpretuje i wysyła dalej do protezy.

Kolejnym projektem mającym pracować jak ludzka ręka jest „Cyberhand” (Rys.4). Składa się ona z licznych sensorów pobudzających określone ośrodki nerwowe i działających na zasadzie sprzężenia zwrotnego, dzięki czemu będzie można odczuwać kształt, fakturę i twardość dotykanych protezą przedmiotów. Cyberhand składa się z kilku ważniejszych elementów: elektrody regenerującej, implant stymulujący układ nerwowy, telemetryczne łącze będące nadajnikami i odbiornikami, mechanicznego systemu sterującego i układu dostarczającego poznawczą reakcje dla pacjenta. Głównymi producentami protez kończyny górnej na świecie jest niemiecka firma Otto Bock.



Rys.3. Cyberhand [4]

#### LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod redakcją K.Malinowskiej, W. Degi, „Rehabilitacja medyczna”, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1996, s. 79 – 87,
- [2] Winiewski M., „ Mechatroniczne wspomaganie sterowania bioelektrycznego protezą kończyny górnej” Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej 2002 Nr 55, s. 161 – 165,
- [3] [www.kevinwarwick.com](http://www.kevinwarwick.com)
- [4] [www.cyberhand.org](http://www.cyberhand.org)

### **METHODS OF HAND PROTHESIS CONTROLING AND THE PRESENTATION OF MODERN SOLUTIONS**

Abstract: The paper presents some methods of hand prosthesis control, including: mechanical control of muscles group, electromechanical control, pneumatic control and bioelectric control. Moreover, the "Cyberhand" project, performed by Kevin Warwick is described.