

**Katarzyna KARAS**\*, **Józef TUTAJ**\*\*<sup>1</sup>, Instytut Mechaniki Stosowanej, Katedra Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki\*, Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych\*\*<sup>2</sup>, Politechnika Krakowska

## **APARAT REJESTRUJĄCY DRZEWIE W CHOROBY PARKINSONA Z ZASTOSOWANIEM AKCELEROMETRU MEMS**

**Streszczenie:** Głównym celem artykułu jest opis prototypu aparatu do rejestracji drżenia, którego najważniejszym elementem jest akcelerometr. W artykule zawarto kryteria wyboru czujnika do pomiaru tremoru oraz wyjaśniono zasadę działania termicznego akcelerometru MEMS, który jest zasadniczym elementem skonstruowanego przyrządu. W celu zaprezentowania działania urządzenia zamieszczono przebiegi czasowe sygnału pomiarowego pochodzące od dwóch pacjentów ze zdiagnozowaną chorobą Parkinsona.

**Słowa kluczowe:** choroba Parkinsona, akcelerometr termiczny, MEMS

### 1. WSTĘP

Drżenie to kluczowy symptom chorób układu nerwowego do których zalicza się również chorobę Parkinsona. Obecnie brak jest rozwiązań które w sposób jednoznaczny pozwalałyby potwierdzić diagnozę choroby Parkinsona. Artykuł przedstawia projekt aparatu do rejestracji drżenia kończyny górnej z użyciem dwuosowego akcelerometru wykonanego w technologii MEMS. Celem prototypu jest rejestracja i archiwizacja charakterystyk czasowych drżenia.

### 2. SPECYFKA CHOROBY PARKINSONA

Choroba Parkinsona to schorzenie o podłożu neurologicznym, którego głównymi objawami są drżenie, sztywność oraz spowolnienie ruchowe tzw. bradykineza. Przyczyną jest zanik neuronów zlokalizowanych w istocie czarnej mózgu, które produkują neurotransmitter – dopaminę. Dotychczas brak jest badania, które w sposób niepodważalny umożliwiłyby rozpoznanie choroby. Niektóre z dostępnych technik obrazowych są pomocne w różnicowaniu drżenia parkinsonowskiego od innych podtypów drżeń. Choroba Parkinsona to indywidualny stan, który u każdego pacjenta wygląda inaczej pod względem charakteru symptomów i szybkości pogłębiania się objawów.

Jednym z objawów choroby jest drżenie spoczynkowe, zdefiniowane jako rytmiczny, mimowolny ruch niektórych mięśni szkieletowych o charakterze oscylacyjnym, asymetryczne, o częstotliwości 4-6 Hz. Objawy drżenia zanikają podczas wykonywania czynności ruchowych. Tremor najczęściej obejmuje kończyny górne, głowę oraz dolne okolice twarzy. Najdokładniej zbadane jest drżenie kończyn górnych, gdzie występują ruchy nawracania i odwracania w nadgarstku, zginania i prostowania w łokciu. Drżenie parkinsonowskie ze względu na ruch palców określane jako drżenie typu kręcenia pigulek lub liczenia pieniędzy [1, 5].

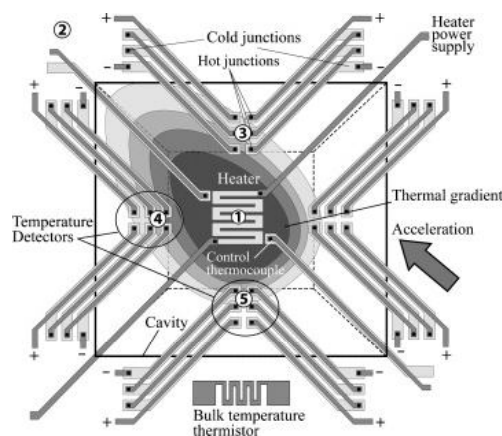
Podstawowymi parametrami do obiektywnej oceny postępu choroby są amplituda i częstotliwość drżenia. Oba te parametry mogą być zmierzone dzięki zastosowaniu akcelerometru.

### 3. AKCELEROMETRY MEMS

Akcelerometr to czujnik mierzący przyspieszenie w oparciu o pomiar siły bezwładności działającej na masę pomiarową. Czujniki wykonane w technologii MEMS łączą w sobie elementy mechaniczne i elektroniczne, cechują się przy tym małym zużyciem mocy, niewielkimi rozmiarami oraz małą masą. Takie układy umożliwiają odbieranie i przetwarzanie informacji w skali mikro, a generowanie rezultatów w skali makro. Na rynku znajdują się kilka rodzajów czujników do pomiaru przyspieszenia, wyróżnia się pojemnościowe, piezoelektryczne oraz termiczne. Przy wyborze czujnika do projektu uwzględniono parametry takie jak: zakres, czułość oraz rozdzielczość pomiarowa, liniowość, rozmiar, masa, cena. Do projektu aparatu wybrany został czujnik termiczny, za którym przemawiają następujące zalety: brak ruchomych części, niski poziom zakłóceń, brak histerezy oraz wysoka niezawodność [2, 3].

#### 3.1 Zasada działania akcelerometru termicznego

Masę bezwładnościową stanowi w tym czujniku rozgrzany gaz, a jej przemieszczenie spowodowane zmianą położenia czujnika, jest mierzone za pomocą wielu rozmieszczonych symetrycznie mikrotermoelementów (mikrotermopar). Na środku układu, który jest jednolitą strukturą krzemową CMOS, znajduje się grzałka. W czujniku podłączonym do zasilania wytwarza się kula rozgrzanego gazu, a rozkład temperatury jest symetryczny wzdłuż osi x i y. W wyniku działania siły, następuje zmiana sposobu rozkładu temperatury, co powoduje powstanie różnicy napięć między termoelementami. Wywołana różnica temperatury jest wprost proporcjonalna do przyspieszenia działającego na układ i możliwe jest przekształcenie jej na sygnał pomiarowy. Proces realizowany jest dla kierunków x i y w indywidualnych torach sygnałowych. Na wyjściach uzyskujemy sygnał analogowy lub cyfrowy (w zależności od modelu) [7,9].

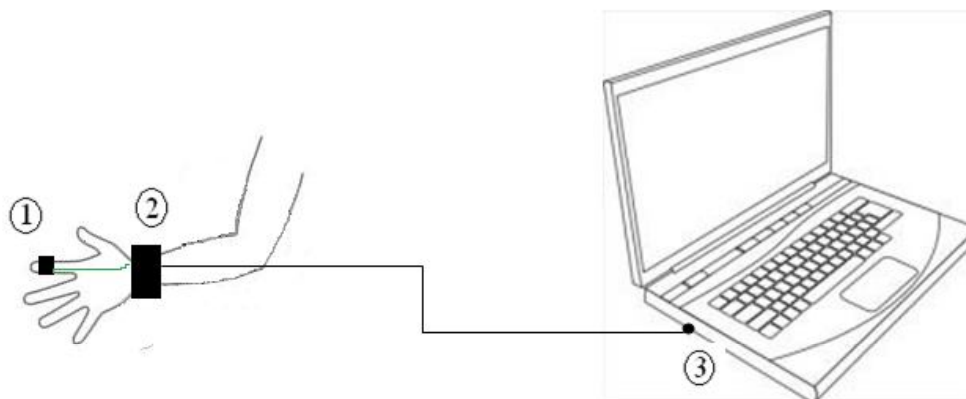


Rys. 1. Budowa dwuosowego akcelerometru firmy Memsic [10]

### 4. TOR POMIAROWY

W celu odpowiedniej rejestracji sygnału drżenia stworzono tor pomiarowy, którego elementy przedstawiono na rysunku 2. Każdy z komponentów jest niezbędny do

przeprowadzenia pomiaru.



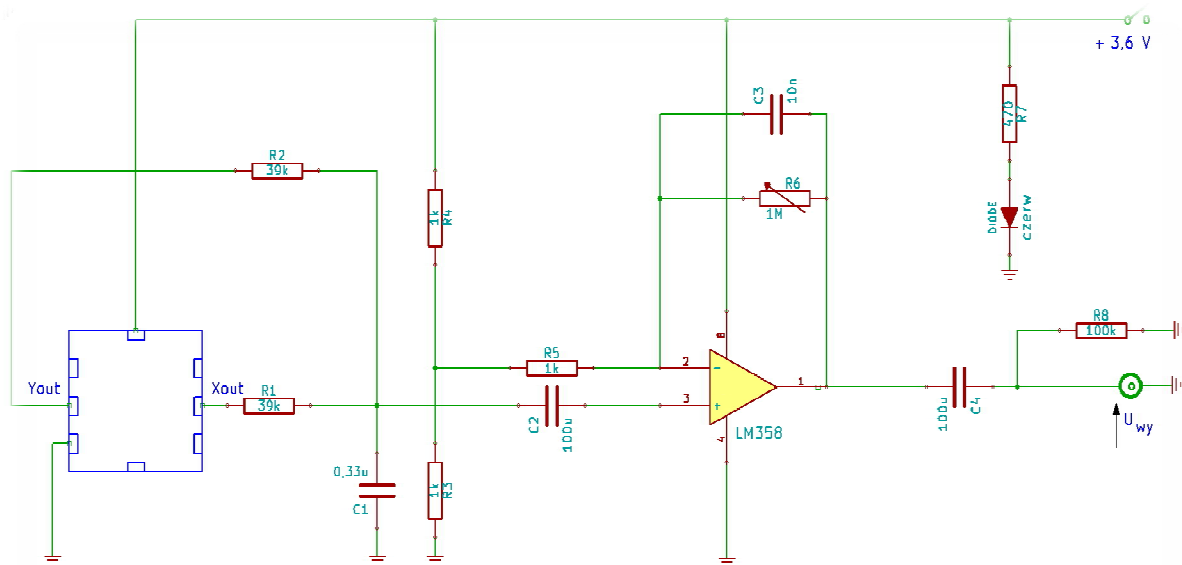
Rys. 2. Tor pomiarowy do rejestracji drżenia

Oznaczenie na schemacie:

1. Akcelerometr typu MXA2500ML zamocowany do palca.
2. Elektroniczny układ pomiarowy umieszczony na nadgarstku
3. Przenośny komputer z oprogramowaniem wirtualnego oscyloskopu.

Rejestrowany sygnał drżenia wymaga wzmocnienia, do tego celu wykorzystano wzmacniacz operacyjny LM358, który doskonale sprawdza się w układach zasilanych z baterii, ze względu na niski pobór mocy. Wzmacniacz stanowi również główny element aktywnego filtra dolnoprzepustowego, niezbędnego do eliminacji składowych wysokoczęstotliwościowych sygnału. Wydzielone przez filtr pasmo zostaje podane na wejście *line-in* karty dźwiękowej komputera przenośnego, a sygnał zostaje zarejestrowany za pomocą aplikacji wirtualnego oscyloskopu cyfrowego. Karta dźwiękowa spełnia rolę przetwornika analogowo- cyfrowego, przetwarza sygnał wejściowy na postać cyfrową, która jest interpretowana przez program. Przy bezpośrednim wprowadzaniu sygnału na wejście *line-in* należy pamiętać o nie przekraczaniu napięcia rzędu 2V. Wprowadzenie sygnału o wyższym napięciu może skutkować trwałym uszkodzeniem karty dźwiękowej. Zastosowanie komputera w pomiarach pozwoliło na sterowanie pomiarami w sposób automatyczny oraz przetwarzanie wyników pomiarów. Obecnie to oprogramowanie, a nie sprzęt decyduje o możliwościach układu pomiarowego. Zastosowanie w projekcie aplikacji wirtualnego oscyloskopu pozwoliło zredukować część sprzętową do minimum, a w konsekwencji zredukować koszty oraz stworzyć przyrząd możliwy do obsługi w każdym gabinecie lekarskim wyposażonym w komputer przenośny.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat układu elektronicznego, który został wykonany na uniwersalnej płycie drukowanej i zamknięty w obudowie.



Rys. 3. Schemat aplikacyjny elektronicznego urządzenia do pomiaru drżenia

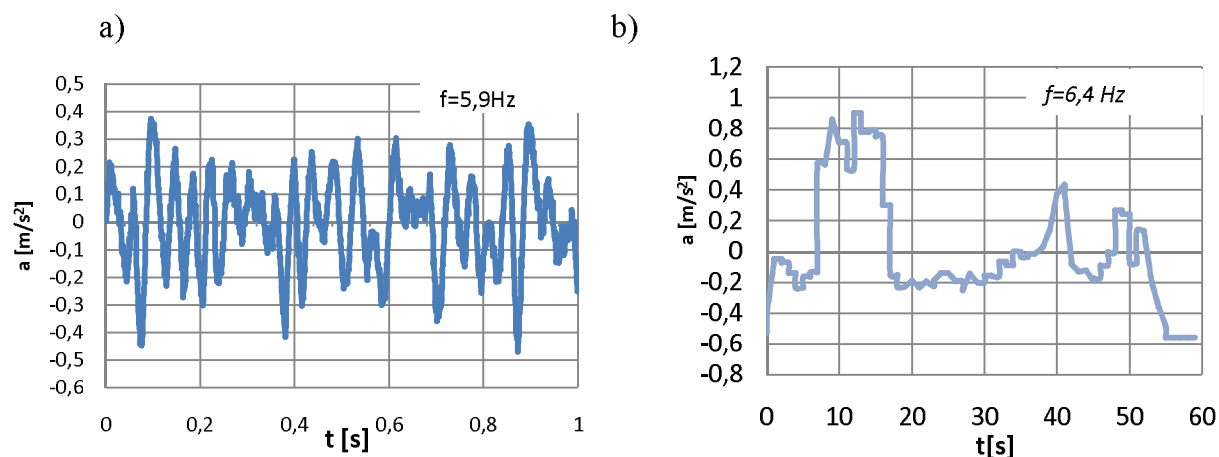
Aparat zasilany jest z akumulatora litowo-jonowego o napięciu 3,7 V i pojemności 850 mAh. Wymiary urządzenia elektronicznego wynoszą 80 mm x 60 mm x 30 mm. Gotowe urządzenie przedstawiono na rysunku 4. W obudowie z regulacją zapinania na rzep, znajduje się układ elektroniczny oraz zasilanie aparatu. Akcelerometr umieszczono w regulowanej opasce, którą można umieścić na palcu kończyny górnej.



Rys. 4. Widok ogólny aparatu

## 5. REJESTRACJA PRZEBIEGÓW DRŻENIA

W celu zapewnienia możliwości porównania wyników rejestrowanych u pacjentów w odstępach czasu, ujednociono pozycję dla wszystkich badań. Badany pacjent przyjmie pozycję siedzącą, przedramię badanej kończyny będzie wsparte. Istotnym jest, aby pomiar nie był zakłócony i wykonywany całkowicie swobodnie. Zarejestrowane przebiegi u pacjentów ze zdiagnozowaną chorobą przedstawiono na rys.5.



Rys. 5. Zarejestrowany przebieg czasowy drżenia u pacjentów ze zdiagnozowaną chorobą a) kobieta z diagnozą potwierdzoną od 17 lat b) mężczyzna z diagnozą potwierdzoną od 2 lat

Na ekranie można obserwować przebiegi czasowe, a po poddaniu zarejestrowanego sygnału operacji szybkiej transformaty Fouriera (FFT) również sygnał drżenia w dziedzinie częstotliwości. Transformata Fouriera to podstawowe narzędzie w analizie sygnałów pozwalające na określenie amplitudy i częstotliwości głównych składowych harmonicznym sygnału pomiarowego. Z wykresów przedstawiających widmo amplitudowe drżenia z łatwością można odczytać informację o paśmie z maksymalną częstotliwością drżenia. Jak zaznaczono we wstępie, u pacjentów z chorobą Pacjenta jest to pasmo 4-6 Hz. Analiza sygnału w dziedzinie częstotliwości przybliży zatem poprawną diagnozę choroby.

## 6. PODSUMOWANIE

Skonstruowane urządzenie ma na celu zwiększenie efektywności diagnostyki choroby Parkinsona oraz przyspieszenie rozpoznania, co jest równoznaczne z wcześniejszym rozpoczęciem stosownej terapii. Archiwizacja pomiaru drżenia umożliwia obiektywną ocenę skuteczności leczenia, dobór odpowiednich dawek leku. Nie każde zarejestrowane drżenie to objaw choroby Parkinsona, przydatne wydaje się opracowanie oprogramowania, które w sposób automatyczny identyfikowałoby drżenie z konkretną jednostką chorobową. Opracowanie takiego systemu wymaga jednak stworzenie bazy danych z sygnałami do których mogłyby zostać odniesione rejestrowane przebiegi u nowych pacjentów z niepotwierdzoną diagnozą.

## LITERATURA

- [1] Friedman A. „Choroba Parkinsona”, Wydawnictwo  $\alpha$ -medica Press, Bielsko- Biała 1999
- [2] Garraud A. and coauthors „A dual axis CMOS micromachined convective thermal accelerometer” , Sensors and Actuators A: Physical, Volume 170, Issues 1–2, November 2011, Pages 44–50
- [3] Hagan M. „Acquisition and analysis of tremor signals Rusing force and accelerometer sensors”, article from 20th European Signal Processing Conference, Bucharest 2012
- [4] Karbowiczek M. „Układy MEMS”, w: Elektronika praktyczna 2/2010
- [5] Krygowska-Wajs A. „Choroba Parkinsona- informacje ogólne”, w: Informator Krakowskiego Stowarzyszenie Osób Dotkniętych Chorobą Parkinsona
- [6] Markez S. „Development of a hand tremor quantification device for the measurement of a pathological tremor”, Institute of Biomaterials and Biomedical Engineering University of Toronto, Toronto 2000
- [7] MEMSIC Inc. (2007) MXA2500G/M Improved, Ultra Low Noise  $\pm 1,7g$  Dual Axis Accelerometer with Absolute Output, Rev. G.June
- [8] Michałowska M. „Wielogodzinne monitorowanie drżenia samoistnego i drżenia parkinsonowskiego” Neurologia i Neurochirurgia Polska 4/2009
- [9] Rojek T. „Termiczne czujniki przyspieszenia firmy MEMSIC”, w: Pomiary Automatyka Robotyka 3/2006
- [10]<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424711003682>

### **PROJECT OF DEVICE BASED ON MEMS ACCELEROMETER FOR TREMOR MEASUREMENT IN PARKINSON'S DISEASE**

The main aim of this article is to describe a prototype device for measuring tremor in Parkinson Disease. Device is based on thermal accelerometer constructed in MEMS technology. The article includes criteria for selecting a sensor for measuring tremor and explains the principle of operation of thermal MEMS accelerometer. Article included measuring signal waveforms derived from two patients diagnosed with Parkinson's disease.