Robert BOBROWICZ*, Krzysztof FIRMANTY*, Jacek JAKUBOWSKI*, Krzysztof KWIATOS*

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA

Metoda pomiaru drżenia występującego w chorobach układu pozapiramidowego

Streszczenie

W artykule przedstawiono układ pomiarowy oraz program do rejestracji i wstępnej analizy drżeń patologicznych występujących w chorobach układu pozapiramidowego opracowany w oparciu o pakiet oprogramowania DASYLab. Układ pomiarowy składa się z akcelerometrów, wzmacniaczy ładunku, karty przetwornika A/C i komputera PC. Jako obrazowane wielkości pozwalające na ułatwienie diagnozy przyjęto: przebiegi czasowe pomierzonego przyspieszenia, moc drżenia oraz energię drżenia za wybrany przedział czasu oraz charakterystykę widmową drżenia.

Abstract

In this paper, a diagnostic method for analysing pathologic tremors of human limbs is presented along with hardware and software tools. Measurement system is based on piezoelectric accelerometers. Their output signals are transmitted through charge amplifiers to the input of A/C converter card acting as a computer interface. Specially designed software is capable of determining several parameters of tremor signals as diagnostic parameters in diseases of nervous system.

CHARAKTERYSTYKA SYGNAŁU DRŻENIA

Drżenie jest „ubocznym produktem" aktywności mięśni i systemu nerwowego. Występuje właściwie przy każdym ruchu. Może być wyraźne lub słabo dostrzegalne - możliwe do zarejestrowania przy pomocy odpowiedniej aparatury. Powinno być analizowane i opisywane w zależności od: umiejscowienia, regularności występowania, stopnia nasilenia, częstotliwości, amplitudy, z możliwością minimalizacji wpływu czynników zewnętrznych. W przypadku, gdy drżenie staje się tak silne, że przeszkadza pacjentowi i jest oczywiste dla lekarza klinicysty, kwalifikuje się je jako drżenie patologiczne.

Drżenie patologiczne może mieć bardzo zróżnicowany charakter i ujawniać się w różnych sytuacjach. W szczególnych przypadkach jest ono wynikiem chorób układu pozapiramidowego takich jak: choroba Parkinsona, choroba Wilsona, choroba alkoholowa. Jednocześnie, jak wykazuje praktyka kliniczna, o nasileniu drżenia i jego parametrach decydują przypadkowe czynniki takie jak: chwilowa dyspozycja pacjenta, historia choroby, zastosowane leki, ich czasokres przyjmowania, dieta, podatność pacjenta na powyższe czynniki i zewnętrzne przypadkowe czynniki zakłócające. Powinno więc być traktowane jako sygnał stochastyczny. Wykorzystując fakt, że drżenie polega na w miarę rytmicznych ruchach części ciała można przyjąć, że ma względnie ustaloną amplitudę oraz kształt fali, o quasistałych parametrach w skończonym przedziale czasu. Pozwala to na przybliżoną analizę drżenia jako sygnału okresowego.

W pracy postawiono tezę, że charakter drżeń oraz ich amplituda mogą stanowić dla lekarza wskazówkę co do charakteru choroby i jej zaawansowania.

W trakcie leczenia tego typu schorzeń podawane są różnego rodzaju środki farmaceutyczne mające na celu okresowe zmniejszenie drżenia, a tym samym zmniejszenie ich dolegliwości dla osób chorych. Kontrola wpływu poszczególnych środków i ich dawkowanie jest jednym z podstawowych problemów w praktyce klinicznej. Możliwość kontrolowania w sposób obiektywny skutków ich działania jest równie ważne jak diagnozowanie choroby.

Dotychczasowe sposoby diagnozowania i kontroli stanu opierają się na obserwacji chorego przez lekarza. Postawiona diagnoza, dobór leków i ich dawka zależy od wiedzy i praktyki leczącego.

W środowisku medycznym (neurologów) istnieje zapotrzebowanie na opracowanie metod diagnozowania i kontroli stanu, w miarę niezależnych od predyspozycji lekarza i jego doświadczenia. Jednocześnie trzeba pamiętać o tym, że żadna metoda pomiaru nie zastąpi w diagnozowaniu lekarza specjalisty. Stanowić może ona jedynie dodatkową pomoc w diagnostyce i leczeniu.

UKŁAD POMIAROWY

Układ pomiarowy przedstawiono na rys.1.

Układ pomiarowy składa się z dwóch akcelerometrów po jednym dla każdej ręki, umieszczonych na końcach środkowych palców obu rąk pacjenta. Istotnymi elementami są tu masa przetwornika oraz sposób jego połączenia z kończyną przy założeniu nieobciążania fizycznego i psychicznego pacjenta celem niezniekształcania zjawiska.

W układzie pomiarowym zostały użyte akcelerometry firmy Brüel & Kjaer typu 4375, wzmacniacze ładunku firmy Brüel & Kjaer typu 2634, oraz karta przetwornika A/C firmy ADVANTECH typu PCL 818HG.

Sygnał wyjściowy jest wzmacniany w układzie wzmacniaczy ładunkowych do poziomu wymaganego przez przetwornik A/C.

Użyta metoda pomiarowa do badania drżeń ma na celu:

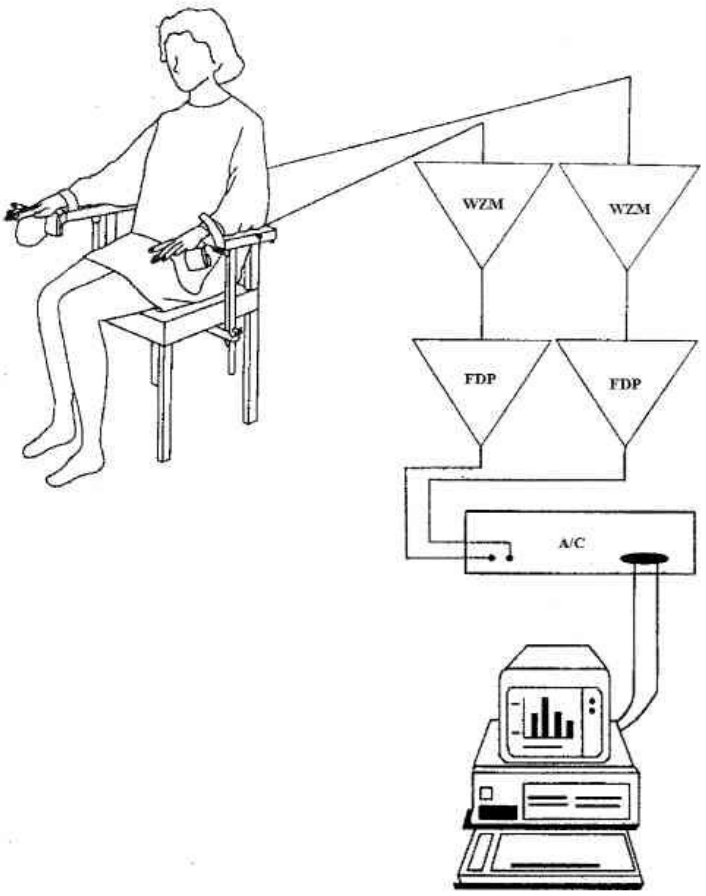
1. określenie dziennego profilu drżeń pacjentów dotychczas nie leczonych,
2. określenie efektów farmakodynamicznych stosowanych leków wśród pacjentów leczonych,

* **Mgr inż. Krzysztof KWIATOS**
absolwent Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej z 1988 r. Zatrudniony w Instytucie Podstaw Elektroniki Wydziału Elektroniki WAT na stanowisku asystenta. Obszar zainteresowań: metrologia biomedyczna.

* **Mgr inż. Robert BOBROWICZ**
absolwent Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej z 1993 r. Od 1995 r. pracuje jako asystent naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Miernictwa Elektronicznego Instytutu Podstaw Elektroniki WAT. Obszar jego zainteresowań to współczesne metody przetwarzania i wizualizacji sygnałów pomiarowych.

* **Mgr inż. Krzysztof FIRMANTY**
absolwent Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. Od 1995 r. zatrudniony w Instytucie Podstaw Elektroniki Wydziału Elektroniki WAT na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego. Obszar zainteresowań: metrologia biomedyczna i technika podczerwieni.

* **Mgr inż. Jacek JAKUBOWSKI**
absolwent Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej z 1993 r. Od 1995 r. Pracuje jako asystent naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Miernictwa Elektronicznego Instytutu Podstaw Elektroniki WAT. Obszar jego zainteresowań to wykorzystanie statystyk wyższych rzędów w przetwarzaniu sygnałów pomiarowych.



Rys. 1. Układ pomiarowy

3. zastosowanie, jeśli to konieczne, korekcji wielkości dawek lub samych leków.

W związku z powyższym na stanowisku pomiarowym przeprowadzane są pomiary w pozycji siedzącej pacjenta dla trzech przypadków:
1. drżenie spoczynkowe rąk,
2. drżenie pozycyjne rąk przy podpartych przedramionach,
3. drżenie pozycyjne z uniesionymi ramionami.

Uzyskane sygnały pomiarowe są archiwizowane i poddawane analizie w dziedzinie czasu i w dziedzinie częstotliwości.

Program do rejestracji drżeń patologicznych

Wymagania jakie powinien spełniać program

Program powinien spełniać dwie grupy wymagań. Pierwsza z nich związana jest ściśle z aparaturą pomiarową, a w szczególności dotyczy:
- zastosowanej karty pomiarowej – PCL818HG,
- możliwości wykonania kalibracji toru pomiarowego (przy wykorzystaniu wzbudnika wzorcowego B&K 4294),
- eliminacji składowej stałej z sygnału.

Druga grupa wymagań dotyczy działania programu i obejmuje:
- automatyczny start,
- równoczesny pomiar i rejestrację sygnałów drżeń prawej i lewej ręki,
- wizualizację rejestrowanych sygnałów i ich analizę częstotliwościową,
- wyznaczanie wybranych parametrów sygnału (wartość skuteczna sygnału, moc sygnału, moc drżenia, energia sygnału oraz energia drżenia),
- wyświetlanie informacji o dacie oraz godzinie wykonania pomiaru,
- zapis wyniku pomiaru do zbioru,
- wydruk wyników pomiaru.

Szczególną uwagę autorzy zwrócili na możliwość łatwej obsługi oraz przyjazną i nieskomplikowaną komunikację z użytkownikiem.

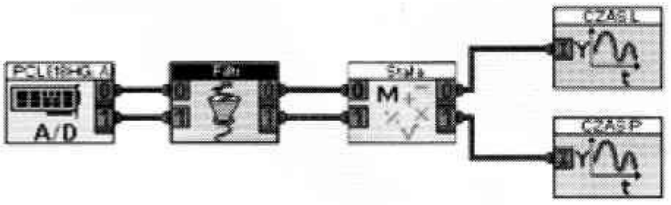
Opis konstrukcji i działania programu

W oparciu o pakiet oprogramowania DASYLab powstał program do rejestracji i wstępnej analizy drżeń patologicznych występujących w chorobach układu pozapiramidowego.

Podstawowym zadaniem programu jest rejestracja i wizualizacja sygnału drżeń odczytywanego z cyfrowych wyjść karty A/C - PCL 818HG. DASYLab realizuje obsługę karty za pomocą odpowiedniego modułu wejścia/wyjścia.

Dane wejściowe przesyłane są w blokach o długości zależnej od potrzeb pomiarowych (np. 1024 próbki). Biorąc pod uwagę fakt, że interesujący neurologów przedział częstotliwości ograniczony jest do 25 Hz, w programie ustalono częstotliwość próbkowania na 100 Hz.

Procedura wizualizacji przebiegu czasowego drżenia realizowana jest w sposób przedstawiony na rys. 2.

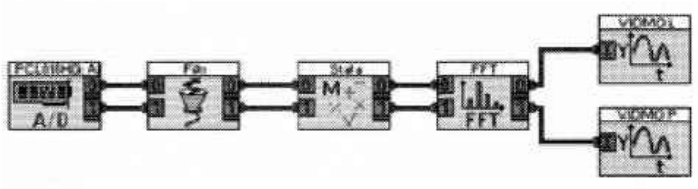


Rys. 2. Procedura wizualizacji przebiegu czasowego drżenia

Rejestrowany za pomocą modułu wejściowego sygnał drżenia, po przejściu przez filtr i przemnożeniu przez stałą, podawany jest na moduł wizualizacji (CZAS L, CZAS P). Zastosowany filtr jest filtrem górnoprzepustowym, który ma na celu wyeliminowanie składowej stałej z obserwowanego przebiegu. Mnożenie przez stałą jest elementem służącym do kalibracji toru pomiarowego. Wyświetlanie wyniku odbywa się po zarejestrowaniu całego bloku danych.

Procedura wyznaczania widma amplitudowego sygnału drżenia realizowana jest za pomocą modułu przetwarzania sygnału - FFT. Moduł FFT zawiera w sobie procedury do:
- obliczania szybkiej transformaty Fouriera,
- wyznaczania widma amplitudowego,
- wyznaczania widma mocy,
- wyznaczania widma gęstości mocy,
- wyznaczania widma fazowego.

Schemat działania procedury do obliczania widma amplitudowego przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3. Procedura wyznaczania widma amplitudowego sygnału drżenia

Moduł Digital Meter umożliwia wyświetlenie wartości skutecznej sygnału drżenia.

Na rys. 4 przedstawiono schemat działania procedury, a na rys. 5 procedurę wyznaczania mocy drżenia.

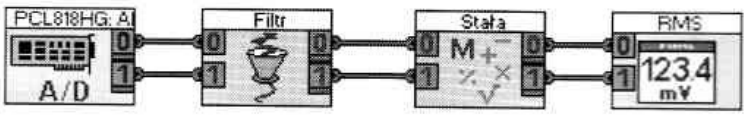
Zależność matematyczna opisująca moc drżenia jest następująca:

$$P_{dr} = \frac{1}{T}\int_0^T a(t)v(t)dt \qquad (1)$$

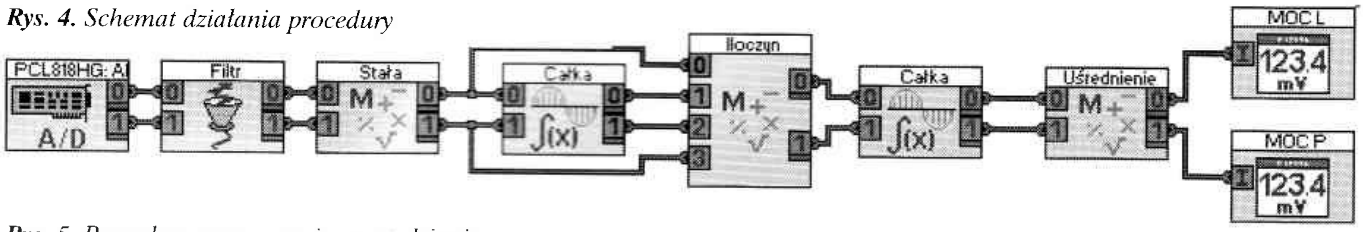
gdzie:
$a(t)$ – przyspieszenie,
$v(t)$ – prędkość.

Procedura wyznaczania energii drżenia realizowana jest w sposób przedstawiony na rys. 6.

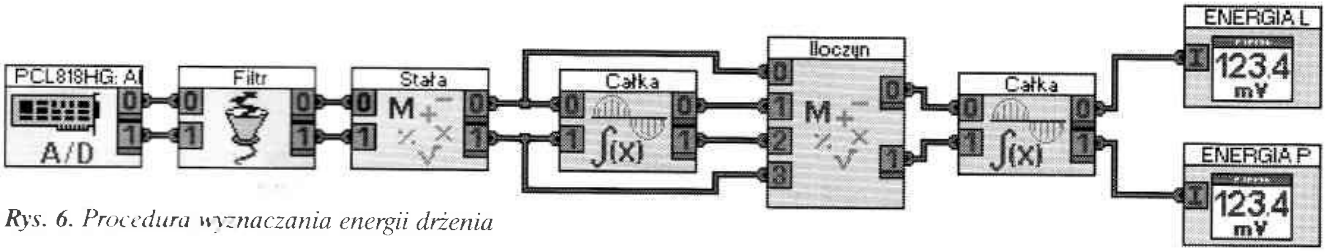
Ostatnie dwie wielkości zostały wprowadzone w celu oceny ilościowej wydatku energetycznego badanego pacjenta. Lekarze neurolodzy szczególną uwagę zwracają na fakt, że chory w czasie nasilenia się drżenia wydatkuje znaczne ilości energii.



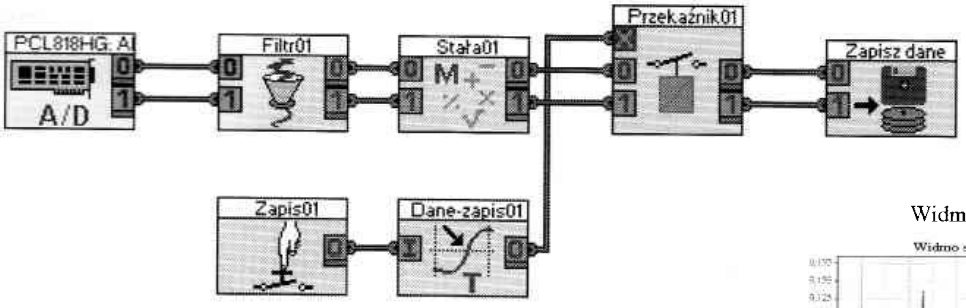
Rys. 4. Schemat działania procedury



Rys. 5. Procedura wyznaczania mocy drżenia



Rys. 6. Procedura wyznaczania energii drżenia



Rys. 7. Procedura zapisu danych wejściowych do pliku

Procedura zapisu danych wejściowych do pliku realizowana jest w sposób przedstawiony na rys. 7. Rejestrowane dane są zapisywane w formacie ASCII. Zdecydowano się na zapis danych pomiarowych na dyskietce, którą można dołączyć do karty przebiegu choroby badanego pacjenta.

Komunikacja z użytkownikiem

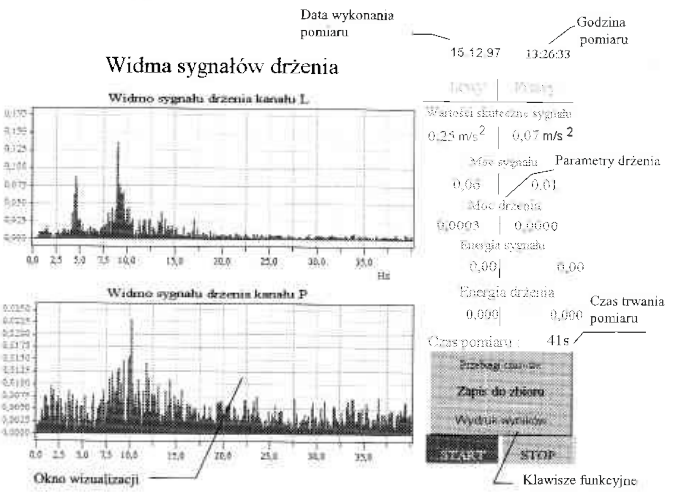
Biorąc pod uwagę fakt, że głównym użytkownikiem programu do rejestracji i wstępnej analizy drżeń będzie lekarz badający pacjenta, autorzy postarali się o stworzenie prostego w obsłudze graficznego interfejsu użytkownika (ang. GUI). Został on zaprojektowany w oparciu o tzw. okno graficznej wizualizacji (ang. Visualization Tool), które umożliwia umieszczenie na ekranie monitora następujących elementów:
- wykresy rejestrowanych przebiegów,
- wyniki obliczeń,
- elementy sterujące działaniem programu,
- tzw. elementy pasywne (nie wpływające na działanie programu).

Rozmieszczenie poszczególnych elementów GUI zostało pokazane na rys. 8.

LITERATURA

[1] R. BOBROWICZ, K. FIRMANTY, K. KWIATOS: Oprogramowanie stanowiska do pomiaru drżeń patologicznych za pomocą pakietu DASYLab; III Szkoła-Konferencja „Metrologia Wspomagana Komputerowo MWK'97", Zegrze k. Warszawy 19-22 maja 1997r. T. III.

[2] W.M. PAKSZYS, A. CHWALEBA, K. KWIATOS, i.in.: Assessment and measuring of tremor in extrapyramidal diseases ; Tremor Congress "Tremor: Basic mechanisms and clinical aspects" Kiel, Germany - July, 11-12 1997.



Rys. 8. Rozmieszczenie elementów graficznego interfejsu użytkownika na ekranie monitora

Artykuł recenzowany przez Komitet Naukowy Sympozjum Pomiary w Medycynie