**Sylwia Gruszeczka**

**Marta Wojciechowska**

**Usuwanie zakłóceń sygnału EKG przy użyciu dekompozycji falkowej**

**oraz metody filtracji Wienera**

1. **Wstęp**

Sygnał elektrokardiograficzny (EKG), będący zapisem aktywności elektrycznej serca, można traktować jako kombinację sygnału właściwego oraz zakłóceń. Głównym źródłem zakłóceń w zapisie EKG są potencjały elektryczne pochodzenia mięśniowego (EMG), zawierające się w szerokim paśmie częstotliwości. Ponieważ zakresy częstotliwości obu sygnałów (EKG i EMG) nachodzą na siebie, filtracja pasmowo-zaporowa sygnałów mięśniowych powoduje zniekształcenie sygnału elektrokardiograficznego, szczególnie zespołów QRS [1]. Alternatywną metodą usuwania zakłóceń może być zastosowanie transformacji falkowej. W wyniku prostej transformacji falkowej można   
w pasmach najwyższej częstotliwości wyodrębnić zakłócenia wraz z pewnymi składowymi zespołów QRS. Zasadnicza część składowych QRS znajduje się w pasmach niższych częstotliwości. Sygnał wynikowy można filtrować poprzez dopasowywanie współczynników transformacji.

**Metoda filtracji falkowej**

Proste filtry falkowe są oparte o dopasowywanie współczynników transformacji falkowej. W przypadku filtracji EKG można zastosować oddzielanie sygnału właściwego oraz zakłóceń metodą progowania. Należy przy tym wybrać rodzaj progowania oraz wartość progu.

**Dobieranie progu filtracji**

Załóżmy, że zakłócony sygnał jest sumą czystego sygnału oraz zakłóceń:

,

przy czym, sygnał i zakłócenia nie są wzajemnie skorelowane. Jeśli przeprowadzimy transformację sygnału do dziedziny falek przy użyciu stacjonarnego przekształcenia falkowego, otrzymamy współczynniki falek:

,

Gdzie:

– to współczynniki właściwego sygnału

– współczynniki zakłóceń

– stopień dekompozycji, (-te pasmo częstotliwości).

Wartości progów stosowanych do modyfikacji współczynników falek powinny być ustalane osobno dla każdego stopnia dekompozycji , w zależności od odchylenia standardowego sygnału (czyli ). Do wyznaczania wartości progu używamy odchylenia standardowego sygnału zakłóceń pomnożonego przez empirycznie wyznaczoną stałą, . Wartości progów można opisać równaniem:

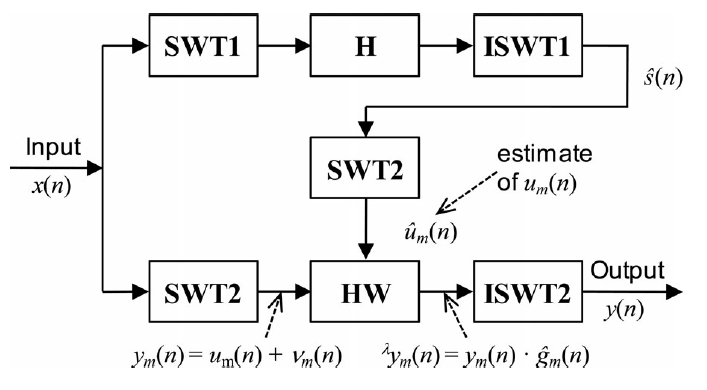
,

gdzie jest odchyleniem standardowym sygnału zakłóceń w -tym paśmie częstotliwości.

**Filtracja metodą Wienera**

Posiadając współczynniki jesteśmy w stanie oszacować współczynniki właściwego sygnału za pomocą metody Wienera zastosowanej w dziedzinie falek. Metoda ta jest przedstawiona na rys.1.

Górna część schematu składa się z transformacji falkowej SWT1, modyfikacji współczynników w bloku H, odwrotnej transformacji falkowej ISWT1 oraz transformacji falkowej SWT2. Pierwsze trzy bloki stanowią klasyczną metodę filtracji w dziedzinie falek, opisaną powyżej. Dolna część schematu zawiera trzy bloki: blok transformacji falkowej SWT2, filtra Wienera zastosowanego w dziedzinie falek HW, odwrotnej transformacji falkowej ISWT2.



Rys. 1 Idea filtracji metodą Wienera w dziedzinie falek.

Przy użyciu odwrotnej transformacji falkowej ISWT1 jesteśmy w stanie oszacować , co w przybliżeniu stanowi szukany sygnał bez zakłóceń. To przybliżenie jest używane do zaprojektowania filtra Wienera (HW), który jest stosowany do oryginalnego sygnału z zakłóceniami w dziedzinie SWT2, z użyciem współczynnika korekcji Wienera:

Gdzie:

– współczynniki falek uzyskane z przybliżenia ,

– wariancja współczynników sygnału zakłóceń w paśmie .

W bloku HW przetwarzamy współczynniki sygnału z zakłóceniami przy użyciu współczynnika korekcji Wienera, w celu uzyskania zmodyfikowanych współczynników:

.

Sygnał wyjściowy uzyskiwany jest w drodze odwrotnej transformacji ISWT2 zmodyfikowanych współczynników.

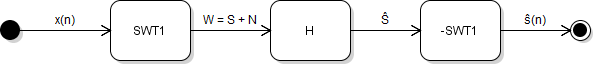
**Implementacja**

W obliczeniach zastosowano dekompozycję falkową czwartego stopnia w blokach SWT1 oraz SWT2,   
z ustalonymi parametrami dekompozycji. W bloku H zastosowano progowanie funkcją typu Garrote, z progiem . Do obu dekompozycji zastosowano falki z rodziny bior2.2.

Implementacja algorytmu planowana jest w 2 etapach:

1. Uzyskanie estymaty czystego sygnału przez dokonanie jego transformacji Falkowej, następnie filtracja sygnału z użyciem wybranej metody progowania, powrót do dziedziny czasu przez odwrotną transformację Falkową
2. Użycie estymaty sygnału niezaszumionego do filtracji sygnału w przestrzeni Falkowej za pomocą filtru Wienera.

Etap pierwszy można przedstawić za pomocą następującego schematu:



Rys.2 Schemat pierwszego etapu implementacji

– sygnał wejściowy

W dziedzinie Falkowej:

– współczynniki otrzymane w wyniku transformacji,

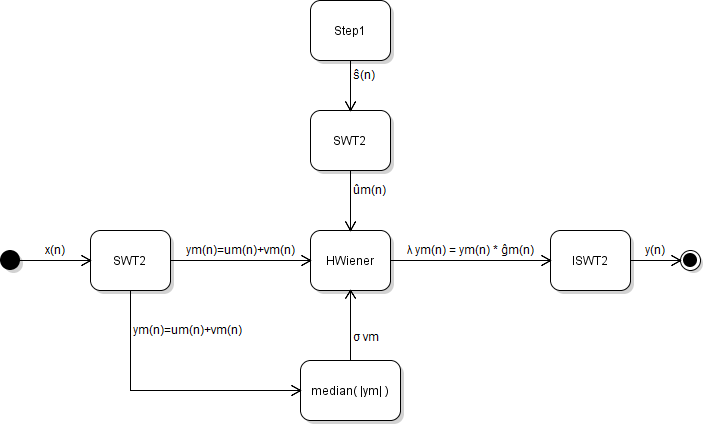
– współczynniki reprezentujące czysty sygnał,

– współczynniki reprezentujące zakłócenia

- współczynniki sygnału otrzymane w wyniku filtracji

– estymata sygnału nie obciążonego zakłóceniami

Etap drugi implementacji można przedstawić za pomocą następującego schematu:



Rys.3 Schemat drugiego etapu implementacji

– estymata zakłóceń sygnału w przestrzeni Falkowej

– estymata odchylenia standardowego zakłóceń

– współczynniki transformaty po filtracji

– sygnał wynikowy

Ze względu na aktualnie wybrane falki (SWT1 = SWT2) schemat ten można uprościć, mianowicie nie jest konieczna odwrotna transformacja falkowa ISWT1 w pierwszym etapie implementacji oraz SWT2 sygnału w drugim etapie implementacji. W sytuacji, gdyby falki użyte w pierwszym i drugim etapie były różne, obie transformacje należy wykonać według schematu.

Implementując Algorytm w dwóch etapach korzysta się z dwóch podstawowych poleceń:

[SWA,SWD] = swt(signal,4,'bior2.2'); - etap transformacji falkowej do 4. Poziomu przy użyciu falki bior2.2

Final = iswt(m\_SWA, m\_SWD,'bior2.2'); - etap rekonstrukcji sygnału na podstawie zmodyfikowanych współczynników sygnału

Progowanie zrealizowano funkcją typu Garotte. Poniżej przedstawiono fragment kodu odpowiadający za progowanie sygnału w dziedzinie falek.

for i = 1:5

for j = 1:length(SWC)

if (abs(SWC(i,j))<threshold(i,:))

SWCT(i,j) = 0;

else SWCT(i,j) = (SWC(i,j)-(threshold(i,:)^2/SWC(i,j)));

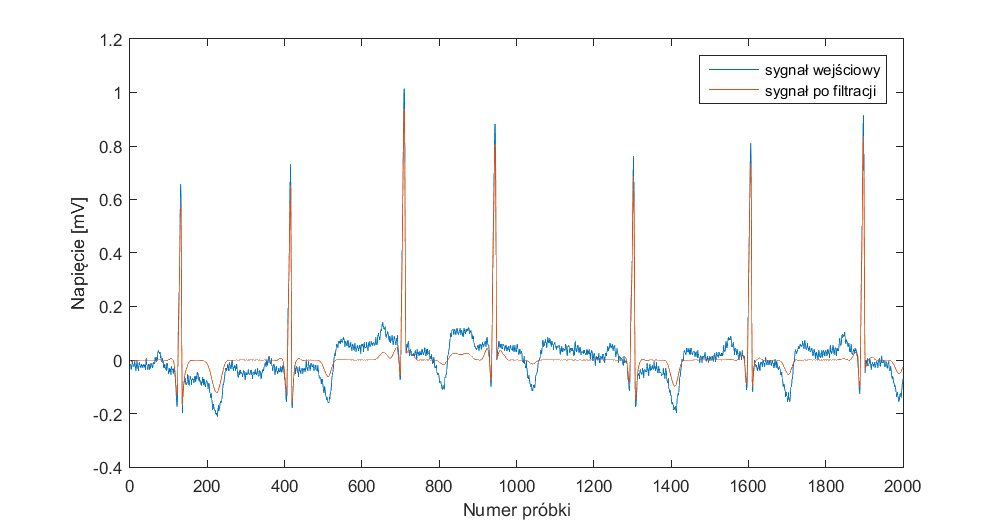
end

end

end

**Wyniki**

Filtracja sygnału przy pomocy dekompozycji falkowej oraz filtracji Wienera dała specyficzny rodzaj rezultatu, w którym zakłócenia o wysokich częstotliwościach zostały usunięte, jednak amplituda zespołów QRS nie uległa zmniejszeniu, nie zostały one również poszerzone. Można zatem stwierdzić, że udało się osiągnąć efekt selektywnej filtracji w dziedzinie wysokich częstotliwości. Jednocześnie w okresach pomiędzy poszczególnymi zespołami QRS zaobserwowano spłaszczenie załamków P i T. Uzyskany sygnał wyjściowy nie stanowi wiernego odtworzenia sygnału poddawanego filtracji, jednak posiada cechę silnego uwydatnienia zespołów QRS, co może stanowić duże ułatwienie w ich detekcji.



Rys. 3 Przykładowy wynik filtracji utworzonym filtrem.

**Bibliografia:**

[1] L. Smital, M. Vítek, J. Kozumplík, I. Provazník, *AdaptiveWavelet Wiener Filtering of ECG Signals*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 60, no. 2, pp. 437-445, Feb. 2013

[2] Chmelka L., Kozumplik J., *Wavelet-based Wiener filter for electrocardiogram signal denoising*, Computers in Cardiology, vol. 32, pp 771-774, 2005