

Spis treści

1. Czynności elektromechaniczne serca i sygnał elektrokardiograficzny	1
1.1. Mechanizm pracy serca	4
1.2. Sygnał elektrokardiograficzny	9
1.3. Odprowadzenia EKG	11
1.4. Sygnał elektrokardiograficzny o wysokiej rozdzielczości	14
1.4.1. Przetwarzanie sygnału (uśrednianie)	15
1.4.2. Analiza sygnałów EKG o wysokiej rozdzielczości w dziedzinie czasu	16
1.4.3. Analiza częstotliwościowa sygnałów EKG o wysokiej rozdzielczości	18
1.5. Specyfika pomiaru EKG	23
1.6. Cechy wzmacniacza EKG	27
2. Metody analizy sygnałów	31
2.1. Sygnały dyskretne i cyfrowe	31
2.2. Częstotliwościowa analiza sygnałów i systemy przetwarzania sygnałów	34
2.3. Dyskretne przekształcenie Fouriera (DFT)	38
2.4. Rozdzielczość czasowa i częstotliwościowa	42
2.5. Cechy przekształcenia DFT	43
2.5.1. Symetria DFT	43
2.5.2. Liniowość DFT	44
2.5.3. Twierdzenie o przesunięciu	44
2.5.4. Splot	45
2.6. Odwrotne dyskretne przekształcenie Fouriera DFT	45
2.7. Przeciek widma DFT	46
2.8. Problemy obliczeniowe związane z aproksymacją widma	47
2.9. Algorytm FFT	56
3. Transformata falkowa w analizie elektrokardiogramu	61
3.1. Ciągła transformata falkowa (CWT)	63
3.2. Dyskretna transformata falkowa (DWT)	65

3.2.1.	Wytyczne do projektowania	65
3.2.2.	Sposób rozdziału częstotliwości przy dekompozycji sygnału cyfrowego	68
3.3.	Funkcja falkowa na przykładzie algorytmu transformaty Haara	69
3.3.1.	Cecha wielorozdzielczości	74
3.3.2.	Rozwinięcie Haara	74
3.4.	Przegląd opisywanych sposobów zastosowania falek do analizy elektrokardiogramu	76
3.4.1.	Analiza kształtu sygnału elektrokardiogramu ...	78
3.4.2.	Analiza zmienności rytmu	79
3.4.3.	Analiza arytmii	79
3.4.4.	Kompresja danych EKG	80
3.4.5.	Uwagi końcowe	81
4.	Filtracja adaptacyjna	82
4.1.	Uwagi wstępne	82
4.1.1.	Cechy filtrów adaptacyjnych	84
4.2.	Struktury liniowych filtrów adaptacyjnych	85
4.2.1.	Filtr liniowy ze skończoną odpowiedzią impulsową – FIR	86
4.2.2.	Predyktor kratowy	87
4.2.3.	Filtr liniowy o nieskończonej odpowiedzi impulsowej – IIR	89
4.3.	Główne kierunki zastosowania filtrów adaptacyjnych ...	90
4.4.	Podstawowe algorytmy filtrów adaptacyjnych	93
4.4.1.	Filtr Wienera	94
4.4.2.	Filtr iteracyjny LMS oparty na algorytmie gradientowym	96
4.4.3.	Eliminacja zakłóceń jako minimalizacja mocy wyjściowej	108
4.5.	Algorytm rekursywny RLS	110
4.5.1.	Wyprowadzenie standardowego algorytmu RLS ..	111
4.5.2.	Rekursywne wyliczanie wektora wag	120
4.5.3.	Podstawowa procedura algorytmu RLS	121
4.5.4.	Dobór parametru δ	123
4.5.5.	Odchylenie średniokwadratowe w zbieżności algorytmu RLS	123
4.5.6.	Krzywa uczenia w algorytmie RLS	125

4.6.	Układy adaptacyjnego usuwania zakłóceń w sygnałach elektrokardiograficznych	125
4.6.1.	Filtry klasyczne typu LMS	126
4.6.1.1.	Filtry dwuwęściowe	126
4.6.1.2.	Jednowęściowy filtr z opóźnieniem	129
4.6.2.	Filtry sekwencyjne LMS	132
4.6.3.	Rekurencyjny filtr adaptacyjny (ARF)	132
4.6.4.	Adaptacyjny filtr sekwencyjny TSAF	135
4.6.5.	Jednowęściowy filtr rekurencyjno-sekwencyjny SIF	142
4.6.6.	Równoległy filtr ARF	146
4.7.	Uwagi dotyczące stosowania filtrów LMS	148
4.8.	Filtry typu RLS	152
4.9.	Uwagi dotyczące stosowania filtrów RLS	155
5.	Klasyfikacja sygnałów elektrokardiograficznych i jej zastosowania w diagnostyce	157
5.1.	Ogólny schemat klasyfikatora	159
5.2.	Przykłady klasyfikatorów	162
5.3.	Problem wyboru cech w zadaniach klasyfikacji	165
5.4.	Zastosowania algorytmów klasyfikacji w elektrokardiografii	167
5.5.	Wspomaganie lokalizacji źródła arytmii komorowej	169
5.6.	Dyskryminacyjna klasyfikacja odcinka ST	173
Literatura	175