



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



MAREK BLOK

FILTRY CYFROWE
UŁAMKOWOOPÓŹNIAJĄCE
PROJEKTOWANIE METODĄ OKIEN

GDAŃSK 2015

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Janusz T. Cieśliński

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

Michał Szydłowski

REDAKTOR SERII

Ryszard J. Katulski

RECENZENCI

Przemysław Dymarski

Marek Moszyński

REDAKCJA JĘZYKOWA

Agnieszka Frankiewicz

PROJEKT OKŁADKI

Jolanta Cieślawska

Wydano za zgodą

Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
www.pg.edu.pl/wydawnictwo/katalog
zamówienia prosimy kierować na adres wydaw@pg.gda.pl

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakiegokolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2015

ISBN 978-83-7348-629-4

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie I. Ark. wyd. 9,6, ark. druku 8,25, 151/889

Druk i oprawa: Totem.com.pl, sp. z. o.o., sp. komandytowa
ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław, 52 354 00 40

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SYMBOLI	5
1. WPROWADZENIE	7
1.1. Filtr ułamkowoopóźniający	7
1.2. Zastosowania filtrów ułamkowoopóźniających	9
1.3. Metoda okien w projektowaniu filtrów ułamkowoopóźniających	13
1.4. Cele pracy	15
1.5. Układ pracy	17
2. PROJEKTOWANIE OPTYMALNYCH FILTRÓW UŁAMKOWO- OPÓZNIAJĄCYCH	19
2.1. Projektowanie filtrów ułamkowoopóźniających metodą rozłożonej maksymalnej płaskości	21
3. METODA OKIEN SYMETRYCZNYCH	26
3.1. Wyodrębnianie okien z filtrów optymalnych	28
3.2. Wyznaczanie współczynnika korekcyjnego wzmacnienia	33
3.3. Bezpośrednie projektowanie okien referencyjnych	40
3.4. Metoda symetrycznego okna wyodrębnionego	43
3.5. Właściwości algorytmu przepróbkowania realizowanego z użyciem filtrów ułamkowoopóźniających o zmiennym opóźnieniu, projektowanych metodą okien symetrycznych	45
3.6. Uniwersalna struktura filtru ułamkowoopóźniającego o zmiennym opóźnieniu, bazująca na metodzie okien wyodrębnionych	47
3.7. Uproszczone obliczanie współczynnika korekcyjnego	51
4. METODA OKIEN PRZESUWANYCH	55
4.1. Przesuwanie okien z użyciem filtru ułamkowoopóźniającego	58
4.2. Przesuwanie okien wyodrębnionych	60
4.2.1. Projekt algorytmu zmiany szybkości próbkowania	64
4.3. Przesuwanie okien z użyciem aproksymacji wielomianowej	66
4.4. Filtr ułamkowoopóźniający w dziedzinie częstotliwości dyskretnej	68
4.4.1. Związki z metodą okien przesuwanych	73
4.4.2. Właściwości projektowanych filtrów	79
4.4.3. Przestrzeganie szerokości pasma filtru zbiorczego	84
4.4.4. Ograniczenia implementacji filtru ułamkowoopóźniającego z użyciem DFT	89
5. PRZEPRÓBKOWANIE ZE ZMIENNĄ KROTNOŚCIĄ	92
5.1. Klasyczna zmiana szybkości próbkowania	93
5.1.1. Struktury polifazowe	94
5.2. Zmiana szybkości próbkowania z użyciem filtrów I-FIR	96
5.2.1. Projektowanie filtrów I-FIR	96

5.2.2. Przykładowy projekt filtra I-FIR	97
5.2.3. Polifazowa implementacja przepróbkowania z użyciem filtra I-FIR	99
5.3. Rozwiązanie wykorzystujące filtry ułamkowoopóźniające	101
5.3.1. Badanie algorytmu zmiany szybkości próbkowania z użyciem filtra zbiorczego	102
5.4. Przykłady przepróbkowania ze zmienną krotnością	105
6. PODSUMOWANIE	115
BIBLIOGRAFIA	119
Streszczenie w języku polskim	131
Streszczenie w języku angielskim	132