

## SPIS TREŚCI

Wstęp .....	9
Rozdział 1. Rozchodzenie się fal .....	11
1.1. Wprowadzenie .....	11
1.2. Drgania mechaniczne .....	12
1.3. Energia drgań .....	16
1.4. Odkształcenie ciała stałego .....	17
1.5. Równanie falowe .....	18
1.6. Impedancja akustyczna .....	22
1.7. Energia, natężenie i moc fali akustycznej .....	23
1.8. Odbicie i załamanie fali .....	25
1.9. Zjawisko Dopplera .....	27
Rozdział 2. Tłumienie fal akustycznych .....	32
2.1. Wprowadzenie .....	32
2.2. Mechanizm absorpcji ultradźwięków w tkankach .....	33
2.3. Rozproszenie ultradźwięków we krwi .....	39
2.4. Wybór optymalnej częstotliwości ultradźwiękowej .....	44
Rozdział 3. Generacja fal ultradźwiękowych .....	46
3.1. Wprowadzenie .....	46
3.2. Przetworniki piezoelektryczne .....	47
3.3. Schemat zastępczy przetwornika piezoelektrycznego drgającego tłokowo .....	50
3.4. Impedancja elektryczna przetwornika .....	55
3.5. Dopasowanie przetwornika do nadajnika i odbiornika .....	58
3.6. Akustyczne dopasowanie przetwornika do obciążenia .....	60
Rozdział 4. Promieniowanie źródeł ultradźwiękowych .....	65
4.1. Wprowadzenie .....	65
4.2. Promieniowanie drgającej kuli .....	65
4.3. Promieniowanie tłoka .....	69
4.3.1. Pole dalekie .....	69
4.3.2. Pole bliskie .....	74
4.4. Promieniowanie przetworników prostokątnych .....	77
Rozdział 5. Ogniskowanie wiązki ultradźwiękowej .....	80
5.1. Wprowadzenie .....	80
5.2. Przetworniki sferyczne .....	81
5.3. Soczewki ultradźwiękowe .....	88
5.4. Ogniskowanie elektroniczne .....	89
5.5. Głowice wieloclementowe o szyku liniowym .....	92

Rozdział 6. Podstawowe prawa rządzące przepływami krwi w tętnicach .....	99
6.1. Wprowadzenie .....	99
6.2. Przepływ cieczy lepkich – przepływ Poiseuille’a .....	99
6.3. Prawo zachowania masy .....	102
6.4. Prawo Bernoulliego – przepływ przez zwężenia .....	103
6.5. Wypływ cieczy przez otwór w zbiorniku .....	107
6.6. Liczba Reynoldsa .....	108
6.7. Odległość wlotowa .....	110
6.8. Opór naczyniowy .....	110
6.9. Wpływ elastyczności naczyń i oporów przepływu na kształt krzywej prędkości przepływu krwi, teoria powietrznika .....	113
6.10. Pulsujący przepływ krwi, profile przepływu .....	115
6.11. Wejściowa impedancja naczyniowa .....	128
6.12. Prędkość fali tętna .....	131
Rozdział 7. Podstawy metod ultrasonograficznych .....	135
7.1. Wprowadzenie .....	135
7.2. Ultrasonograf .....	138
7.3. Prezentacja typu <i>A</i> .....	143
7.4. Modulacja jasności typu <i>B</i> .....	144
7.5. Prezentacja typu <i>M</i> .....	144
7.6. Dwuwymiarowa prezentacja typu <i>B</i> .....	145
7.7. Ultrasonografia dwuwymiarowa czasu rzeczywistego .....	147
7.7.1. Mechaniczne głowice sektorowe .....	147
7.7.2. Elektroniczne odchylenie wiązki ultradźwiękowej .....	149
7.8. Skala szarości .....	152
Rozdział 8. Natężenie fal ultradźwiękowych w urządzeniach echograficznych .....	154
8.1. Wprowadzenie .....	154
8.2. Pomiar natężenia ultradźwięków .....	156
Rozdział 9. Sygnał dopplerowski .....	159
9.1. Wprowadzenie .....	159
9.2. Analiza widmowa wybranych sygnałów .....	159
9.3. Widmo sygnału dopplerowskiego .....	170
9.3.1. Wpływ prędkości przepływu krwi na widmo mocy sygnału dopplerowskiego .....	174
9.3.2. Wpływ czasu przejścia na widmo dopplerowskie .....	175
9.3.3. Wariancja widma dopplerowskiego .....	176
9.4. Modelowanie dopplerowskiego sygnału prędkości przepływu krwi .....	176
Rozdział 10. Dopplerowska metoda fali ciągłej .....	182
10.1. Wprowadzenie .....	182
10.2. Detekcja sygnału dopplerowskiego .....	183
10.3. Metody wyznaczania kierunku przepływu krwi .....	184
Rozdział 11. Dopplerowska metoda impulsowa .....	188
11.1. Wprowadzenie .....	188
11.2. Zasada działania przepływomierza impulsowego .....	188
11.3. Objętość pomiarowa .....	195
11.4. Jednoczesny pomiar odległości i prędkości .....	197

11.5. Analiza parametrów impulsowej techniki dopplerowskiej .....	200
11.5.1. Pomiar położenia obiektu rozpraszającego .....	200
11.5.2. Rozdzielczość podłużna .....	203
11.5.3. Dokładność pomiaru prędkości obiektu .....	205
11.5.4. Poszerzenie impulsowego widma dopplerowskiego .....	206
11.5.5. Ograniczenia jednoczesnego pomiaru prędkości i odległości .....	208
11.6. Pomiar wydatku krwi .....	215
<b>Rozdział 12. Metody pomiaru częstotliwości dopplerowskiej .....</b>	<b>222</b>
12.1. Pomiar częstotliwości średniej .....	222
12.1.1. Metoda zliczania przejść przez zero .....	222
12.1.2. Metoda pierwszego momentu widma .....	224
12.1.3. Korelacyjny estymator częstotliwości dopplerowskiej .....	226
12.2. Pomiar częstotliwości maksymalnej .....	230
12.2.1. Metoda pomiarów interwałów czasowych .....	230
12.2.2. Metoda percentyli .....	234
12.2.3. Metoda d'Alessio .....	235
12.2.4. Metoda hybrydowa .....	236
12.2.5. Metoda geometryczna .....	237
12.3. Metoda szybkiej transformaty Fouriera .....	238
12.4. Filtracja pasmowo-przepustowa .....	245
12.5. Metoda filtracji pasmowej z kompresją czasu .....	246
<b>Rozdział 13. Metody obrazowania przepływu krwi .....</b>	<b>248</b>
13.1. Wprowadzenie .....	248
13.2. Angiografia dopplerowska .....	250
13.3. Wizualizacja przepływów z zastosowaniem metody tłumienia ech stałych .....	252
13.4. Cyfrowe filtry tłumienia ech stałych .....	261
13.5. Metoda wielobramkowa z przetwarzaniem zero-crossing .....	264
13.6. Estymator korelacyjny z tłumieniem ech stałych .....	268
13.7. Dwuwymiarowa echografia z kolorowym kodowaniem przepływu .....	269
<b>Rozdział 14. Wybrane zastosowania techniki dopplerowskiej w badaniu przepływu krwi .....</b>	<b>277</b>
14.1. Wprowadzenie .....	277
14.2. Badanie tętnic szyjnych .....	277
14.2.1. Tętnica szyjna wspólna .....	279
14.2.2. Tętnica szyjna wewnętrzna i zewnętrzna .....	280
14.2.3. Tętnica kręgową .....	284
14.3. Badanie przepływu w naczyniach wewnątrzczaszkowych .....	284
14.4. Badanie kończyn dolnych .....	287
14.4.1. Diagnostyczna wartość kształtu krzywej prędkości przepływu krwi .....	287
14.4.2. Pomiar ciśnienia skurczowego w kończynie .....	290
14.4.3. Indeks krążenia obocznego .....	293
14.5. Sposoby obliczania indeksów krzywych prędkości przepływu krwi .....	294
14.5.1. Indeks pulsacji PI .....	294
14.5.2. Współczynnik tłumienia fali .....	296
14.5.3. Indeks oporowy RI .....	298
14.5.4. Indeks $A/B$ .....	300
14.5.5. Rozszerzenie widma dopplerowskiego .....	300

14.6. Pomiary przepływu krwi w sercu .....	302
14.6.1. Cykl serca .....	302
14.6.2. Obliczanie gradientów ciśnień w sercu na podstawie pomiaru częstotliwości dopplerowskiej .....	304
14.6.3. Obliczanie czasu półtrwania gradientu ciśnienia ( $T_{\frac{1}{2}}P$ ) .....	306
14.6.4. Wybrane przykłady pomiarów przepływu krwi w sercu .....	306
14.6.5. Rzut minutowy serca .....	313
14.6.6. Badanie drożności przeszczepów wieńcowych .....	314
<b>Bibliografia .....</b>	<b>317</b>
<b>Słowniczek dopplerowski .....</b>	<b>329</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>333</b>