

KRZYSZTOF SUCHOCKI

SENSORY I PRZETWORNIKI POMIAROWE

- WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNE
PRZETWORNIKÓW POMIAROWYCH
 - POMIARY PARAMETRÓW
RUCHU HARMONICZNEGO

Gdańsk 2016

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Janusz T. Cieśliński

RECENZENT

Grzegorz Lentka

PROJEKT OKŁADKI

Katarzyna Olszonowicz

Wydanie I – 2015

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<http://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 jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2016

ISBN 978-83-7348-676-8

Spis treści

Przedmowa	5
1. Pomiary	7
1.1. Pojęcia podstawowe	7
1.2. Jednostki miar wielkości	7
1.3. Wzorce jednostek miar	10
1.4. Metody pomiarowe	10
1.4.1. Rodzaje metod pomiarowych	10
2. Statyczne właściwości metrologiczne przetworników pomiarowych	17
3. Przetworniki pomiarowe	20
3.1. Transmitancja operatorowa	20
3.2. Modele przetworników rzeczywistych	21
3.2.1. Przetworniki zerowego rzędu	22
3.2.2. Przetworniki I rzędu	24
3.2.3. Właściwości metrologiczne przetworników I rzędu	25
3.2.3.1. Metoda czasowa wyznaczania właściwości metrologicznych	25
3.2.3.1. Metoda częstotliwościowa wyznaczania właściwości metrologicznych ..	31
3.3. Odpowiedź przetwornika I rzędu na wymuszenie liniowe	35
3.4. Odpowiedź przetwornika I rzędu na wymuszenie harmoniczne	36
3.5. Model elektryczny przetwornika I rzędu	37
3.5.1. Analiza modelu przetwornika I rzędu w dziedzinie czasu	37
3.5.2. Analiza modelu przetwornika I rzędu w dziedzinie częstotliwości	39
3.5.3. Analiza modelu przetwornika I rzędu w dziedzinie operatora s	41
3.6. Układy do wyznaczania właściwości metrologicznych przetworników I rzędu	41
3.7. Przykładowe przetworniki pomiarowe I rzędu	45
3.8. Korekcja błędów dynamicznych przetworników I rzędu	47
3.8.1. Korektory bierności właściwości dynamicznych przetworników I rzędu	49
3.8.2. Korektory aktywne właściwości dynamicznych przetworników I rzędu	52
4. Przetworniki pomiarowe II rzędu	58
4.1. Metody wyznaczania właściwości metrologicznych przetworników II rzędu	62
4.1.1. Metoda czasowa wyznaczania właściwości metrologicznych	62
4.1.2. Metoda częstotliwościowa wyznaczania właściwości metrologicznych	64
4.2. Układy do wyznaczania właściwości metrologicznych przetworników II rzędu	67
4.3. Przykładowe przetworniki II rzędu	71
5. Pomiar parametrów ruchu harmonicznego	72
5.1. Pomiar parametrów ruchu harmonicznego przetwornikiem sejsmicznym	72
5.1.1. Pomiar przemieszczenia w ruchu drgającym przetwornikiem sejsmicznym	76
5.1.1.1. Analiza zasady pracy przetwornika w dziedzinie czasu	76
5.1.1.2. Analiza zasady pracy przetwornika w dziedzinie częstotliwości	76

5.1.2. Pomiar przyśpieszenia w ruchu drgającym przetwornikiem sejsmicznym	78
5.1.2.1. Analiza zasady pracy przetwornika w dziedzinie czasu	78
5.1.2.2. Analiza zasady pracy przetwornika w dziedzinie częstotliwości	79
5.1.3. Pomiar prędkości w ruchu drgającym przetwornikiem sejsmicznym	81
5.1.3.1. Analiza zasady pracy przetwornika w dziedzinie czasu	81
5.1.3.2. Analiza zasady pracy przetwornika w dziedzinie częstotliwości	82
5.2. Konstrukcje przetworników sejsmicznych	84
5.3. Piezoelektryczny akcelerometr sejsmiczny	87
5.3.1. Wzmacniacze sygnału z akcelerometrów piezoelektrycznych	97
5.3.2. Montaż akcelerometrów piezoelektrycznych	100
5.3.3. Przykładowe akcelerometry piezoelektryczne	104
Literatura	106