



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



**Andrzej K. Michalski**

# Przetworniki i Sensory

**Warszawa 2011**

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



**PROGRAM ROZWOJOWY**  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Politechnika Warszawska  
Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i  
Systemów Informacyjno Pomiarowych



## Spis treści

1	Wiadomości wstępne	4
1.1.	Definicje pojęć przetwornik, sensor i czujnik	4
1.2.	Kryteria podziału sensorów	6
1.3.	Stacyczne i dynamiczne właściwości sensorów	11
<b>2.</b>	<b>Sensory rezystancyjne</b>	<b>24</b>
2.1.	Potencjometryczne sensory rezystancyjne	25
2.2.	Tensometry	29
2.2.1.	Efekt tensometryczny w przewodnikach i półprzewodnikach	30
2.2.2.	Budowa tensometrów	34
2.3.	Termorezystory	37
2.3.1.	Termorezystory metalowe	38
2.3.2.	Termorezystory półprzewodnikowe	41
2.3.3.	Termorezystory krzemowe	42
2.4.	Magnetorezystory	43
2.5.	Fotorezystory	48
2.6.	Higrometry rezystancyjne	50
2.7.	Rezystancyjne sensory termoanemometryczne	52
2.8.	Kondycjonowanie sygnału w sensorach rezystancyjnych	54
<b>3.</b>	<b>Sensory impedancyjne</b>	<b>60</b>
3.1.	Sensory pojemnościowe	60
3.2.	Sensory indukcyjnościowe	67
3.2.1.	Indukcyjnościowe sensory dławikowe	69
3.2.2.	Indukcyjnościowe sensory solenoidalne	72
3.2.3.	Indukcyjnościowe sensory transformatorowe	73
3.2.4.	Indukcyjnościowe sensory wiropądowe	77
3.2.5.	Indukcyjnościowe sensory magnetosprężyste	80
3.3.	Sensory magnetoimpedancyjne	84
3.4.	Sensory transduktorowe	86
3.5.	Kondycjonowanie sygnału w sensorach indukcyjnościowych	88
<b>4.</b>	<b>Sensory elektromagnetyczne</b>	<b>97</b>
4.1.	Sensor indukcyjny do pomiaru pola magnetycznego	97
4.2.	Sensory tachometryczne	104
4.3.	Elektromagnetyczne sensory reluktancyjne	106
4.4.	Elektromagnetyczne sensory przepływu	108
4.5.	Sensory Halla	115
4.6.	Kondycjonowanie sygnałów w sensorach elektromagnetycznych	120
<b>5.</b>	<b>Sensory generacyjne</b>	<b>131</b>
5.1.	Sensory termoelektryczne	132
5.1.1.	Praktyczne aspekty sensorów termoelektrycznych	136
5.2.	Sensory piezoelektryczne	140
5.2.1.	Materiały piezoelektryczne i piroelektryczne	147
5.3.	Sensory (ogniwa) fotowoltaiczne	151
5.4.	Sensory elektrochemiczne	155
5.5.	Kondycjonowanie sygnałów z sensorów generacyjnych	159



<b>6.</b>	<b>Sensory złączowe</b>	169
6.1.	Optyczne sensory złączowe	171
6.2.	Magnetyczne sensory złączowe	177
6.3.	Termiczne sensory złączowe	183
<b>7.</b>	<b>Sensory światłowodowe</b>	186
7.1.	Światłowód	187
7.2.	Źródła i detektory promieniowania stosowane w sensorach światłowodowych	192
7.3.	Klasyfikacja sensorów światłowodowych	200
7.3.1	Sensory światłowodowe z przetwarzaniem zewnętrznym.	201
7.3.2.	Sensory światłowodowe z przetwarzaniem wewnętrznym.	204
7.3.3.	Światłowodowe sensory interferometryczne	209
8.	Bibliografia	216