

Spis treści

Przedmowa	9
Literatura z dziedziny miernictwa	15
1. Wprowadzenie do miernictwa elektrycznego	19
Literatura	29
2. Podstawy miernictwa elektrycznego	30
2.1. Podstawowe pojęcia miernictwa elektrycznego	30
2.2. Główne metody pomiarowe	33
2.3. Podstawy teorii błędów i niepewności pomiarów	39
2.3.1. Błąd, dokładność, niepewność wyniku pomiaru	39
2.3.2. Podstawowe wiadomości z rachunku prawdopodobieństwa	44
2.3.3. Metody oszacowania i wstępnej eliminacji składowych błędów pomiaru	48
2.3.4. Określanie niepewności pomiaru	58
2.4. Wzorce jednostek elektrycznych	63
2.4.1. Wzorce, etalony, kalibratory	63
2.4.2. Wzorce elektryczne oparte na definicji zjawiska fizycznego	63
2.4.3. Materialne wzorce wielkości elektrycznych	68
2.4.4. Multimetry wzorcowe i kalibratory	74
Literatura	75
3. Miernictwo klasyczne	77
3.1. Elektromechaniczne przyrządy pomiarowe	77
3.1.1. Przyrządy elektromechaniczne czy przyrządy cyfrowe?	77
3.1.2. Mierniki magnetoelektryczne	78
3.1.3. Mierniki elektromagnetyczne	84
3.1.4. Watomierze elektrodynamiczne	85
3.1.5. Liczniki indukcyjne	89
3.2. Przyrządy rejestrujące	91
3.2.1. Podstawy techniki oscyloskopowej	91
3.2.2. Rejestratory	97
3.3. Układy mostkowe	98
3.3.1. Układy mostkowe zrównoważone i niezrównoważone	98
3.3.2. Układy mostkowe prądu stałego	100
3.3.3. Układy mostkowe prądu przemiennego	102
3.3.4. Mostki transformatorowe	108

3.3.5. Układy mostkowe niezrównoważone	110
3.3.6. Układy alternatywne dla układów mostkowych, pętla Andersona	116
3.4. Metody kompensacyjne i komparacyjne	117
3.4.1. Układy kompensacyjne	117
3.4.2. Układy komparacyjne	118
Literatura	121
4. Analogowe przetwarzanie sygnałów pomiarowych	123
4.1. Sygnały pomiarowe i ich przetwarzanie	123
4.2. Kondycjonowanie rezystancji, pojemności i indukcyjności	127
4.3. Przetwarzanie AC/DC	133
4.4. Przetwarzanie napięcia na częstotliwość	141
4.5. Wzmacnianie sygnału	143
4.5.1. Wzmacniacze różnicowe, operacyjne i instrumentalne	143
4.5.2. Wzmacniacze izolujące	146
4.5.3. Wzmacniacze bardzo małych napięć stałych (autozero)	149
4.5.4. Wzmacniacze bardzo małych napięć przemiennych (homodynamiczne)	153
4.5.5. Wzmacniacze o wielkiej rezystancji wejściowej (elektrometry)	157
4.5.6. Wzmacniacze realizujące funkcje matematyczne	159
4.6. Sprzężenie zwrotne w przetwornikach pomiarowych	165
4.7. Poprawa jakości przetwarzania sygnału analogowego	174
4.7.1. Szumy i zakłócenia sygnału	174
4.7.2. Przesyłanie sygnału do wzmacniacza	178
4.7.3. Analogowa filtracja sygnału	184
Literatura	193
5. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów pomiarowych	195
5.1. Przetworniki analogowo-cyfrowe	195
5.1.1. Próbkowanie, kwantowanie i kodowanie sygnałów	195
5.1.2. Rodzaje przetworników analogowo-cyfrowych	205
5.1.3. Parametry opisujące właściwości przetworników analogowo-cyfrowych	220
5.2. Przetworniki cyfrowo-analogowe	223
5.2.1. Rekonstrukcja sygnału analogowego	223
5.2.2. Rodzaje przetworników cyfrowo-analogowych	226
5.2.3. Parametry opisujące właściwości przetworników cyfrowo-analogowych	230
5.3. Narzędzia cyfrowego przetwarzania sygnałów pomiarowych	232
5.3.1. Podstawowe pojęcia teorii cyfrowego przetwarzania sygnałów	232
5.3.2. Dyskretna transformata Fouriera (DFT) i szybka transformata Fouriera (FFT)	240
5.3.3. Analiza czasowo-częstotliwościowa sygnałów - transformata falkowa	248
5.3.4. Filtry cyfrowe	253
5.4. Przykłady wykorzystania cyfrowego przetwarzania sygnałów	

pomiarowych	267
5.4.1. Analiza widmowa	267
5.4.2. Cyfrowa synteza sygnałów	276
5.4.3. Odzyskiwanie sygnału i cyfrowa poprawa jego jakości	281
5.4.4. Cyfrowe przyrządy pomiarowe	289
5.4.5. Oscyloskopy cyfrowe	295
5.4.6. Cyfrowe przetwarzanie mocy i energii	299
5.5. Narzędzia sztucznej inteligencji w przetwarzaniu sygnałów pomiarowych	301
5.5.1. Co to jest sztuczna inteligencja?	301
5.5.2. Filtry adaptacyjne	302
5.5.3. Sztuczne sieci neuronowe	305
5.5.4. Systemy logiki rozmytej	312
Literatura	316
6. Komputerowe systemy pomiarowe	319
6.1. Wiadomości ogólne	319
6.2. Obwody wejściowe systemów pomiarowych	323
6.2.1. Obwody kondycjonowania i zbierania danych	323
6.2.2. Czujniki z wbudowanym interfejsem - czujniki inteligentne	324
6.2.3. Nadajniki analogowe i cyfrowe	325
6.2.4. Układy rejestratorów danych do zdalnego poboru sygnałów z czujników	327
6.2.5. Czujniki inteligentne - standard IEEE P1451	329
6.3. Układy zbierania danych karta pomiarowa (DAQ)	333
6.4. Układy komunikacji i transmisji danych	337
6.4.1. Interfejsy, magistrale, złącza	337
6.4.2. Interfejsy szeregowo RS-232C i RS-485	338
6.4.3. Interfejsy szeregowo USB oraz FireWire (IEEE-1394)	343
6.4.4. Interfejs równoległy GPIB (IEEE-488/IEC-625)	346
6.4.5. Interfejsy komunikacji bezprzewodowej: IrDA, Bluetooth, WUSB	351
6.4.6. Telefonii komórkowa GSM i UTM jako narzędzie transmisji danych	354
6.4.7. Komunikacja radiowa w systemie przesyłania danych	358
6.4.8. Sieciowe systemy pomiarowe - Ethernet	361
6.4.9. Wykorzystanie sieci energetycznych do przesyłania informacji - sieci PLC	364
6.4.10. Interfejs HART i standard 4÷20 mA	365
6.4.11. Interfejsy specjalizowane: CAN, I ² C, MicroLAN, SDI-12	367
6.4.12. Systemy modułowe: VXI, PXI	371
6.4.13. Magistrale przemysłowe: FieldBus, ProfiBus, Industrial IT	373
6.4.14. Uniwersalny język programowania przyrządów pomiarowych - SCPI	377
6.5. Wykorzystanie mikrokontrolerów w systemach pomiarowych - mikrosystemy pomiarowe	379

6.5.1. Procesory sygnałowe i mikrokontrolery w technice pomiarowej	379
6.5.2. Mikrointerfejsy: SPI i UART	389
6.6. Wirtualne przyrządy pomiarowe	392
6.6.1. Co to jest wirtualny przyrząd pomiarowy	392
6.6.2. TestPoint	394
6.6.3. Agilent VEE Pro	399
6.6.4. Pakiet programowy LabView	401
6.7. Przykłady komputerowych systemów pomiarowych	408
6.7.1. Komputerowy system pomiarowy do badania materiałów magnetycznych	408
6.7.2. System komputerowy do wymuszania zadanego kształtu sygnału magnesującego	411
6.7.3. Komputerowy system pomiarowy do skanowania pól Magnetycznych - magnetowizja	415
Literatura	418
Skorowidz	420

oprac. BPK