

# Spis treści

Współpracownicy . . . . .	V
Przedmowa . . . . .	VII
Przedmowa uzupełniająca . . . . .	VIII
<b>1</b>	
<b>Zasady podstawowe</b>	
1.1. Rola pomiarów . . . . .	1
1.2. Jednostki miary . . . . .	5
1.3. Wzorce jednostek miar . . . . .	10
<b>2</b>	
<b>Badanie układów liniowych sygnałami sinusoidalnymi</b>	
2.1. Podstawy matematyczne . . . . .	14
2.2. Pomiary wzmocnienia lub tłumienia . . . . .	17
2.2. Pomiar fazy . . . . .	21
2.4. Automatyczne analizatory układów . . . . .	26
2.5. Pomiar zniekształceń opóźnieniowych . . . . .	27
2.6. Pomiar wzmocnienia pętli. . . . .	31
2.7. Pomiary nieliniowości . . . . .	36
2.8. Środki ostrożności przy badaniu sygnałami sinusoidalnymi . . . . .	38
<b>3</b>	
<b>Badanie układów liniowych sygnałami prostokątnymi i impulsowymi</b>	
3.1. Przyrządy i metody . . . . .	42
3.2. Związek między odpowiedzią na sygnał nieustalony i odpowiedzią na sygnał sinusoidalny . . . . .	44
3.3. Odpowiedź na dowolne sygnały wejściowe . . . . .	52

XII	3.4.	Wpływ obciążenia od dołu pasma przepustowego na odpowiedź układu na sygnał prostokątny . . . . .	53
	3.5.	Reflektometria czasowa. . . . .	57

## 4

### Pomiary szumów, szumem i przy występowaniu szumu

4.1.	Podstawy matematyczne . . . . .	61
4.2.	Pomiary szumu . . . . .	74
4.3.	Pomiary przy wykorzystywaniu szumu jako sygnału testowego . . . . .	81
4.4.	Pomiary za pomocą sygnałów pseudolosowych . . . . .	86
4.5.	Pomiary przy występowaniu szumu . . . . .	90

## 5

### Cyfrowe metody analizy sygnałów

5.1.	Transformacja Fouriera — zarys podstaw teoretycznych . . . . .	100
5.2.	Statystyka — przegląd podstaw teoretycznych . . . . .	104
5.3.	Analiza sygnału . . . . .	106
5.4.	Podsumowanie . . . . .	137

## 6

### Pomiary częstotliwości i czasu

6.1.	Wzorce i definicje czasu . . . . .	143
6.2.	Częstotliwość wzorcowa i rozpowszechnianie sygnału czasu . . . . .	145
6.3.	Wzorce czasu i częstotliwości . . . . .	148
6.4.	Przyrządy mierzące częstotliwość . . . . .	157
6.5.	Syntezy częstotliwości . . . . .	164

## 7

### Wzmacniacze przyrządowe prądu stałego

7.1.	Wzmacniacze o sprzężeniu bezpośrednim . . . . .	172
7.2.	Wzmacniacz napięcia stałego z układem automatycznego przesuwania punktu pracy . . . . .	180
7.3.	Wzmacniacze różnicowe . . . . .	185
7.4.	Wzmacniacze z przerywaniem (chopperowe) . . . . .	187

## 8

### Pomiary napięcia i prądu

8.1.	Wprowadzenie do woltomierzy cyfrowych. . . . .	192
8.2.	Nieintegracyjne woltomierze cyfrowe . . . . .	194
8.3.	Woltomierze cyfrowe z układem liczącym . . . . .	200
8.4.	Tłumienie sygnałów szeregowych . . . . .	210
8.5.	Tłumienie sygnałów synfazowych . . . . .	212
8.6.	Zasady pomiarów napięć przemiennych . . . . .	215
8.7.	Detektory reagujące na wartość średnią . . . . .	217
8.8.	Detektory reagujące na wartość szczytową . . . . .	224
8.9.	Detekcja międzyszczytowa . . . . .	227

8.10.	Detektory reagujące na wartość skuteczną . . . . .	228
8.11.	Inne metody detekcji . . . . .	231
8.12.	Woltomierze próbkujące . . . . .	233
8.13.	Detekcja synchroniczna. . . . .	234
8.14.	Sondy stałoprądowe . . . . .	236
8.15.	Sondy zmiennoprądowe . . . . .	238

## 9

### Pomiary impedancji

9.1.	Definicje i wzory . . . . .	241
9.2.	Podzespoły i wzorce . . . . .	246
9.2.1.	Rezystory. . . . .	246
9.2.2.	Kondensatory . . . . .	248
9.2.3.	Induktory [9, 10]. . . . .	251
9.3.	Odchyłowe metody pomiaru impedancji. . . . .	253
9.3.1.	Mierniki stałoprądowe . . . . .	253
9.3.2.	Mierniki pojemności i indukcyjności . . . . .	255
9.3.3.	Mierniki impedancji zespolonej . . . . .	256
9.3.4.	Komparatory rezystancji i impedancji . . . . .	257
9.4.	Mostki stałoprądowe . . . . .	258
9.4.1.	Mostek Wheatstone'a . . . . .	258
9.4.2.	Pomiar małej rezystancji . . . . .	260
9.4.3.	Pomiar wielkiej rezystancji . . . . .	262
9.5.	Mostki małej częstotliwości . . . . .	264
9.5.1.	Wstęp . . . . .	264
9.5.2.	Klasyfikacja mostków czteroramiennych [20, 21] . . . . .	266
9.5.3.	Mostki o ramionach stosunkowych (ilorazowych) sprzężonych indukcyjnie . . . . .	269
9.5.4.	Mostki specjalne. . . . .	274
9.5.5.	Mostki automatyczne i półautomatyczne . . . . .	278
9.6.	Pomiary impedancji przy wielkich częstotliwościach (w. cz.) . . . . .	279
9.6.1.	Problemy występujące przy w.cz. . . . .	279
9.6.2.	Mostki w.cz. . . . .	279
9.6.3.	Układy typu T [42] . . . . .	281
9.6.4.	Metody rezonansowe . . . . .	283
9.6.5.	Metody stosowane w miernikach w.cz. . . . .	285
9.7.	Pomiary precyzyjne . . . . .	286
9.7.1.	Wzorcowanie jednostek impedancji . . . . .	286
9.7.2.	Metody stosowane w pomiarach precyzyjnych . . . . .	288

## 10

### Źródła sygnałów o częstotliwościach akustycznych

10.1.	Źródło sinusoidalnych sygnałów akustycznych . . . . .	294
10.2.	Generatory LC . . . . .	295
10.3.	Generatory rezystancyjno-pojemnościowe . . . . .	302
10.4.	Generator z mostkiem Wiena . . . . .	305
10.5.	Praktyczny generator z mostkiem Wiena . . . . .	309
10.6.	Generator z przesuwnikiem fazowym . . . . .	311
10.7.	Generator pierścieniowy . . . . .	312
10.8.	Generator dudnieniowy. . . . .	313

XIV	10.9.	Wielofazowy generator dudnieniowy . . . . .	315
	10.10.	Synteza przebiegów sinusoidalnych . . . . .	318
		<b>11</b>	
		<b>Oscyloskopy</b>	
	11.1.	Bloki funkcjonalne oscyloskopu . . . . .	324
	11.2.	Lampy oscyloskopowe . . . . .	325
	11.3.	Parametry ekranu lampy oscyloskopowej . . . . .	332
	11.4.	Parametry pamięciowych lamp oscyloskopowych . . . . .	337
	11.5.	Oscyloskopy ogólnego przeznaczenia . . . . .	343
	11.6.	Oscyloskopy próbkujące . . . . .	368
	11.7.	Oscyloskopy specjalnego przeznaczenia . . . . .	376
	11.8.	Wyposażenie . . . . .	386
		<b>12</b>	
		<b>Rejestratory</b>	
	12.1.	Rejestratory galwanometryczne . . . . .	395
	12.2.	Wzmacniacze rejestratorów galwanometrycznych . . . . .	406
	12.3.	Mechanizm piszący . . . . .	411
	12.4.	Serworejestratory . . . . .	420
	12.5.	Rejestracja magnetyczna . . . . .	424
	12.6.	Technika rejestracji magnetycznej . . . . .	427
		<b>13</b>	
		<b>Pomiary wzmacniaczy akustycznych i wizyjnych</b>	
	13.1.	Wzmocnienie przejściowe i funkcja przejścia . . . . .	441
	13.2.	Pomiar wzmocnienia i fazy wzmacniaczy w stanie ustalonym . . . . .	444
	13.3.	Pomiary wzmocnienia z bardzo dużą dokładnością . . . . .	449
	13.4.	Tłumienie sygnałów współnofazowych i symetria wejściowa . . . . .	451
	13.5.	Tłumienie sygnału współnofazowego i symetria przy sprzężeniu transformatorowym . . . . .	455
	13.6.	Wzmacniacze różnicowe z małymi współczynnikami CMR i symetrii . . . . .	456
	13.7.	Zakres dynamiki i zniekształcenia . . . . .	460
	13.8.	Ograniczający wpływ szybkości narastania . . . . .	464
		<b>14</b>	
		<b>Pomiary nadajników i odbiorników</b>	
	14.1.	Ogólne własności systemów . . . . .	466
	14.2.	Pomiary podstawowe . . . . .	468
	14.3.	Specjalne pomiary systemów . . . . .	469
	14.4.	Pomiary systemów odbiorczych . . . . .	474
	14.5.	Czułość przy stosunku SINAD . . . . .	477
	14.6.	Szerokość pasma przyjęcia sygnałów zmodulowanych . . . . .	478
	14.7.	Współzależność czułości ze współczynnikiem szumu . . . . .	478
	14.8.	Charakterystyki układu automatycznej regulacji wzmocnienia . . . . .	481
	14.9.	Pomiary sygnałów nadawczych . . . . .	483
	14.10.	Wymagania dla urządzeń radiowych . . . . .	496

## 15

## Mikrofalowe źródła sygnałowe

15.1.	Mikrofalowe oscylatory tranzystorowe . . . . .	501
15.2.	Półprzewodnikowe wzmacniacze mikrofalowe . . . . .	505
15.3.	Inne półprzewodnikowe źródła mikrofalowe . . . . .	510
15.4.	Półprzewodnikowe oscylatory mikrofalowe [26] . . . . .	517
15.5.	Porównanie źródeł półprzewodnikowych . . . . .	523
15.6.	Mikrofalowe generatory sygnałowe. . . . .	526
15.7.	Modulatory amplitudy do generatorów sygnałowych . . . . .	534
15.8.	Wobulatory mikrofalowe . . . . .	538

## 16

## Analiza sygnałów mikrofalowych

16.1.	Pomiar mocy . . . . .	544
16.2.	Pomiary mocy o wartościach przekraczających 100 mW . . . . .	552
16.3.	Pomiary mocy impulsowych. . . . .	553
16.4.	Wpływ niedopasowania. . . . .	555
16.5.	Zagadnienia występujące w praktyce przy pomiarach mocy . . . . .	556
16.6.	Mikrofalowe mierniki częstotliwości, czyli falomierze . . . . .	560
16.7.	Analiza widma . . . . .	564
16.8.	Analizator widma z przeszukującą superheterodyną . . . . .	568
16.9.	Selektywne mierniki poziomu (analizatory przebiegów) . . . . .	579
16.10.	Analizator widma ze strojonymi obwodami wejściowymi . . . . .	581
16.11.	Wielofiltrowy analizator z równoczesną analizą całego widma . . . . .	582
16.12.	Generator śledzący z licznikiem . . . . .	583
16.13.	Technika posługiwania się analizatorem i zastosowanie analizatorów . . . . .	585
16.14.	Niektóre reguły praktyczne pozwalające wybrać szerokość pasma i ułatwiające ustawienie organów kontrolnych analizatora przy oglądaniu widm pulsujących sygnałów w.cz. . . . .	598
16.15.	Pomiary zakłóceń elektromagnetycznych . . . . .	600

## 17

## Analiza układów mikrofalowych

17.1.	Pomiary odbić i impedancji . . . . .	602
17.2.	Pomiary tłumienia . . . . .	606
17.3.	Elementy ferrytowe . . . . .	607
17.4.	Teoria czwórników . . . . .	616
17.5.	Teoria parametrów $s$ . . . . .	618
17.6.	Obliczenie układu przy wykorzystaniu parametrów rozproszenia . . . . .	623
17.7.	Pomiary parametrów $s$ . . . . .	629
17.8.	Techniki pomiarowe . . . . .	631

## 18

## Automatyczne systemy pomiarowe

18.1.	Niskonapięciowe, wielokanałowe systemy zbierania danych . . . . .	645
18.2.	Tłumienie szumu współnofazowego . . . . .	647

XVI	18.3.	Tłumienie napięć szeregowych . . . . .	649
	18.4.	Przedwzmacniacze o małym szumie . . . . .	650
	18.5.	Przesłuchy . . . . .	650
	18.6.	Napięcia termiczne. . . . .	652
	18.7.	Urządzenia przełączające . . . . .	653
	18.8.	Automatyczne systemy analizujące . . . . .	654
	18.9.	Automatyczne systemy badaniowe . . . . .	656

16

Analiza sygnałów mikrofalowych

644	16.1.	Formy mocy . . . . .	644
647	16.2.	Formy mocy w rezonansie transmisyjnym 100 MHz . . . . .	647
647	16.3.	Formy mocy impulsowej . . . . .	647
648	16.4.	Wzrost nieliniowy . . . . .	648
648	16.5.	Zagrożenia w stosunku do urządzeń przy transmisji mocy . . . . .	648
649	16.6.	Mikrofalowa analiza sygnałów cyfrowych . . . . .	649
649	16.7.	Analiza widm . . . . .	649
649	16.8.	Analizator widm z procesorami superrezolucyjnymi . . . . .	649
649	16.9.	Składowe wartości potęg (analizator potęg) . . . . .	649
649	16.10.	Analizator widm ze składowymi obrotowymi . . . . .	649
649	16.11.	Wielokrotny analizator z równoczesną analizą częstotliwości i czasu . . . . .	649
649	16.12.	Składowe widmy i harmoniczne . . . . .	649
649	16.13.	Techniki podwyższenia rozdzielczości . . . . .	649
649	16.14.	Techniki podwyższenia rozdzielczości w dziedzinie czasu i częstotliwości . . . . .	649
649	16.15.	Techniki podwyższenia rozdzielczości w dziedzinie czasu i częstotliwości . . . . .	649
649	16.16.	Techniki podwyższenia rozdzielczości w dziedzinie czasu i częstotliwości . . . . .	649
649	16.17.	Techniki podwyższenia rozdzielczości w dziedzinie czasu i częstotliwości . . . . .	649
649	16.18.	Techniki podwyższenia rozdzielczości w dziedzinie czasu i częstotliwości . . . . .	649
649	16.19.	Techniki podwyższenia rozdzielczości w dziedzinie czasu i częstotliwości . . . . .	649
649	16.20.	Techniki podwyższenia rozdzielczości w dziedzinie czasu i częstotliwości . . . . .	649

17

Analiza układów mikrofalowych

602	17.1.	Formy oddziaływań . . . . .	602
606	17.2.	Formy oddziaływań . . . . .	606
607	17.3.	Formy oddziaływań . . . . .	607
610	17.4.	Formy oddziaływań . . . . .	610
610	17.5.	Formy oddziaływań . . . . .	610
613	17.6.	Formy oddziaływań . . . . .	613
613	17.7.	Formy oddziaływań . . . . .	613
611	17.8.	Formy oddziaływań . . . . .	611

18

Automatyczne systemy pomiarowe

613	18.1.	Automatyczne systemy pomiarowe . . . . .	613
613	18.2.	Automatyczne systemy pomiarowe . . . . .	613