

## SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA strona 11

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ strona 13

---

**1** NIELINIOWE UKŁADY OPERACYJNE strona 17

---

- 1.1 Uwagi wstępne/17
  - 1.1.1 Klasyfikacja układów/18
  - 1.1.2 Metody generacji funkcji nieliniowych/19
  - 1.1.3 Błędy operacji nieliniowej/24
- 1.2 Układy mnożące/25
  - 1.2.1 Metody realizacji/27
  - 1.2.2 Podstawowy układ transkonduktancyjny/33
  - 1.2.3 Układy uniwersalne/39
  - 1.2.4 Modulatory zrównoważone/43
- 1.3 Układy potęgujące, dzielące i pierwiastkujące/46
  - 1.3.1 Układy potęgujące/46
  - 1.3.2 Układy dzielące/47
  - 1.3.3 Układy pierwiastkujące/50
- 1.4 Układy logarytmiczne i wykładnicze/52
  - 1.4.1 Układy logarytmiczne/52
  - 1.4.2 Układy wykładnicze/58
- 1.5 Układy wielofunkcyjne/59
- 1.6 Układy kształtujące funkcje przedziałami prostoliniowe/62
  - 1.6.1 Ograniczniki napięcia/62
  - 1.6.2 Układy progowe/65
  - 1.6.3 Układy realizujące wartość bezwzględną/69
  - 1.6.4 Sposoby realizacji charakterystyk odcinkami liniowych/72

- 1.7 Przetworniki przebiegu trójkątnego na sinusoidalny/76
- 1.7.1 Przetworniki z zastosowaniem układów mnożących/78
- 1.7.2 Przetworniki diodowe/80
- 1.7.3 Przetworniki z zastosowaniem par różnicowych/82
- 1.8 Komparatory z histerezą/85
- Literatura/91

---

## 2 GENERATORY DRGAŃ SINUSOIDALNYCH

strona 92

- 
- 2.1 Uwagi wstępne/92
  - 2.2 Graniczne warunki generacji/95
  - 2.2.1 Układy sprzężeniowe/95
  - 2.2.2 Układy dwójnikowe/99
  - 2.3 Analiza stanu ustalonego w generatorze/103
  - 2.3.1 Metoda funkcji opisującej/104
  - 2.3.2 Nieliniowa poprawka częstotliwości/107
  - 2.4 Stałość częstotliwości/113
  - 2.4.1 Wpływ elementów nieliniowych/113
  - 2.4.2 Wpływ elementów liniowych/114
  - 2.4.3 Współczynnik stabilności, dobroć równoważna/112
  - 2.5 Przykłady generatorów  $RC$ /118
  - 2.5.1 Generatory jednopętlowe/118
  - 2.5.2 Generator z mostkiem Wiena/120
  - 2.5.3 Generatory z zastosowaniem filtrów aktywnych/126
  - 2.5.4 Generatory programowane/132
  - 2.6 Przykłady sprzężeniowych generatorów  $LC$ /137
  - 2.6.1 Układy podstawowe/137
  - 2.6.2 Generator z parą różnicową/145
  - 2.6.3 Generatory kwarcowe/148
  - 2.7 Generatory przestrajane napięciem/155
  - Literatura/158

---

## 3 MODULATORY AMPLITUDY

strona 160

- 
- 3.1 Metody wytwarzania sygnałów zmodulowanych/160
  - 3.1.1 Wytwarzanie sygnałów  $AM$  i  $AM-SC$ /160
  - 3.1.2 Wytwarzanie sygnałów  $SSB-SC$  i  $SSB$ /168
  - 3.1.3 Sygnał ze szczytkową wstęgą boczną  $VSB$  i sposób jego wytwarzania/173
  - 3.1.4 Sygnał z kwadraturową modulacją amplitudy  $QAM$  i sposób jego wytwarzania/177
  - 3.2 Przykłady rozwiązań układowych/178
  - 3.2.1 Modulator z niesymetrycznym kluczem diodowym/179
  - 3.2.2 Modulator z symetrycznym kluczem diodowym/184
  - 3.2.3 Modulator z tranzystorem polowym/191
  - 3.2.4 Modulator z układem mnożącym/192
  - Literatura/194

---

## 4 DEMODULATORY AMPLITUDY strona 195

---

- 4.1 Metody demodulacji/195
  - 4.1.1 Demodulacja synchroniczna/196
  - 4.1.2 Demodulacja asynchroniczna/205
  - 4.2 Przykłady rozwiązań układowych detektorów obwiedni/211
  - 4.2.1 Detektor wartości średniej/211
  - 4.2.2 Detektor wartości szczytowej/216
  - Literatura/227
- 

## 5 MODULATORY CZĘSTOTLIWOŚCI strona 228

---

- 5.1 Metody wytwarzania sygnałów *FM*/228
  - 5.1.1 Modulacja bezpośrednia/229
  - 5.1.2 Modulacja pośrednia/234
  - 5.1.3 Wytwarzanie niesinusoidalnych przebiegów *FM*/236
  - 5.1.4 Stabilizacja częstotliwości środkowej modulatora/241
  - 5.2 Przykłady rozwiązań układowych/243
  - 5.2.1 Modulatory bezpośrednie/243
  - 5.2.2 Modulatory wytwarzające niesinusoidalne przebiegi *FM*/252
  - Literatura/257
- 

## 6 DEMODULATORY CZĘSTOTLIWOŚCI strona 258

---

- 6.1 Ograniczanie sygnałów/258
  - 6.2 Metody demodulacji/260
  - 6.2.1 Demodulacja z różniczkowaniem w dziedzinie częstotliwości/265
  - 6.2.2 Demodulacja z różniczkowaniem w dziedzinie czasu/266
  - 6.2.3 Demodulacja z wykorzystaniem zliczania impulsów/273
  - 6.3 Przykłady rozwiązań układowych/275
  - 6.3.1 Demodulator z wykorzystaniem nachylenia charakterystyk obwodów rezonansowych/275
  - 6.3.2 Demodulator Fostera-Seeleya/279
  - 6.3.3 Demodulator stosunkowy/282
  - 6.3.4 Demodulator z układem mnożącym/283
  - 6.3.5 Demodulator impulsowy/286
  - Literatura/288
- 

## 7 MIESZACZE strona 289

---

- 7.1 Metody przemiany częstotliwości/290
- 7.1.1 Przemiana z zastosowaniem układu mnożącego/290
- 7.1.2 Przemiana na elemencie nieliniowym/293

- 7.2 Przykłady rozwiązań układowych/299
- 7.2.1 Mieszacz z tranzystorem polowym/299
- 7.2.2 Mieszacze z tranzystorami bipolarnymi/302
- 7.2.3 Zrównoważone mieszacze diodowe/308
- Literatura/312

---

## 8

### UKŁADY Z FAZOWĄ PĘTLĄ SPRZĘŻENIA ZWROTNEGO

strona 313

- 
- 8.1 Zasada działania i podstawowe właściwości pętli fazowej/313
  - 8.1.1 Model pętli i jego równanie/314
  - 8.1.2 Pętla w stanie synchronizacji; model liniowy/317
  - 8.1.3 Wpływ filtru na właściwości śledzące pętli/320
  - 8.1.4 Proces osiągania synchronizacji; zakres chwywania/327
  - 8.1.5 Właściwości szumowe pętli/334
  - 8.1.6 Poszerzanie zakresu chwywania/337
  - 8.2 Wybrane zastosowania pętli fazowych/338
  - 8.2.1 Demodulacja amplitudy/339
  - 8.2.2 Demodulacja częstotliwości/339
  - 8.2.3 Powielanie i dzielenie częstotliwości/345
  - Literatura/347

DODAT. 1 WPŁYW REZYSTANCJI SZEREGOWEJ NA PRACĘ ZŁĄCZA  $p-n$  strona 348

DODAT. 2 NIELINIOWE CHARAKTERYSTYKI PROSTYCH  
UKŁADÓW Z TRANZYSTOREM BIPOLARNYM strona 355

DODAT. 3 NIELINIOWE CHARAKTERYSTYKI UKŁADU RÓŻNICOWEGO strona 364

- D3.1 Układ podstawowy/364
- D3.2 Układy z prądowym sprzężeniem zwrotnym/369

DODAT. 4 OGRANICZNIK IDEALNY I JEGO ZASTOSOWANIA  
DO MODELOWANIA UKŁADÓW NIELINIOWYCH strona 374

DODAT. 5 NIEKTÓRE RODZAJE SYGNAŁÓW ZMODULOWANYCH  
I ICH WŁAŚCIWOŚCI strona 381

- D5.1 Sygnał analityczny. Iloczynowy operator modulacji/382
- D5.2 Sygnały zmodulowane amplitudowo/387
- D5.3 Sygnały zmodulowane kątowno/395
- Literatura/404

DODAT. 6 FILTRACJA PASMOWA SYGNAŁÓW ZMODULOWANYCH strona 405

Literatura/412

DODAT. 7 PRZENOSZENIE SYGNAŁÓW ZMODULOWANYCH KĄTOWO  
PRZEZ UKŁADY LINIOWE

strona 413

D7.1 Odpowiedź układu na pobudzenie sygnałem o wolnozmienniej częstotliwości  
chwilowej/413

D7.2 Odpowiedź układu o liniowych charakterystykach amplitudowej i fazowej na pobu-  
dzenie sygnałem zmodulowanym kątowno/417  
Literatura/420

DODAT. 8 PRZENOSZENIE SYGNAŁÓW ZMODULOWANYCH KĄTOWO  
PRZEZ BEZINERCYJNE UKŁADY NIELINIOWE

strona 421

Literatura/424

SKOROWIDZ

strona 425