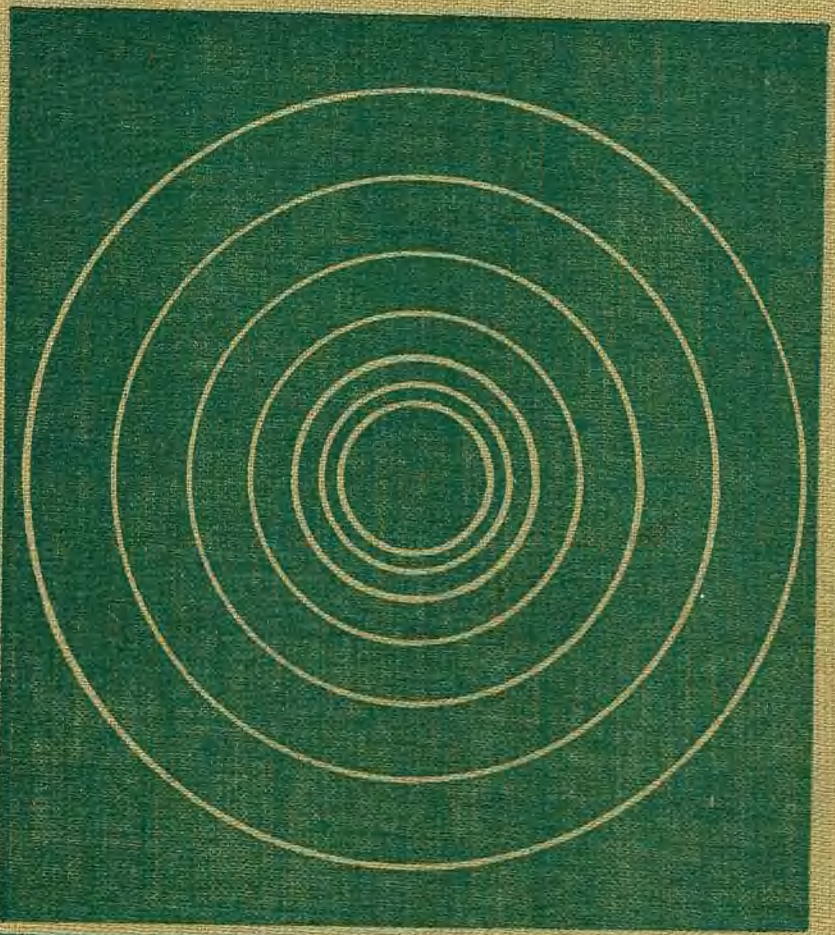


N. M. IZJUMOW D. P. LINDE

PODSTAWY RADIOTECHNIKI

N. M. IZJUMOW
D. P. LINDE

PODSTAWY RADIOTECHNIKI

WYDAWNICTWO MINISTERSTWA OBRONY NARODOWEJ

Z ROSYJSKIEGO PRZEŁOŻYŁ MGR INŻ. JAN SZAREK

Tytuł oryginału:
Izjumow Nikołaj Michajłowicz i Linde Dimitrij Pawłowicz
OSNOWY RADIOTIECHNIKI
Izdanije wtoroje, pierierabotannoje
Seria: Massowaja radiobibliotieka
Izdatielstwo „Eniergija", Moskwa, Leningrad 1965

Opiniodawca:
mgr inż. **Tadeusz Machowski**
*
Redaktor:
Maria Domańska

Redaktor techniczny:
Helena Malczewska

W książce niniejszej opisano podstawowe zjawiska fizyczne i prawa występujące w radiotechnice oraz zasady działania różnych urządzeń radiotechnicznych.

Jest to podręcznik przewidziany do samokształcenia dla radiotechników, operatorów radiowych, radioamatorów oraz szerokiego kręgu osób zajmujących się eksploatacją urządzeń radiotechnicznych. Czytelnikom tym książka niniejsza pomoże w samodzielnym podnoszeniu swych kwalifikacji zawodowych.

Cztery tysiące sto dziewięćdziesiąta szósta publikacja Wydawnictwa MON

Printed in Poland

Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej
Warszawa 1968. Wydanie I

Nakład: 6.000+280 egz. Objętość: 40,23 ark. wyd., 39,25 ark. druk. Papier: druk. sat. V kl., 65 g., format: 61 × 86/16 z Zakładów Celulozowo-Papierniczych im. J. Marchlewskiego we Włocławku. Druk ukończono w grudniu 1968 r. Zam. nr 4368 z dn. 17.II.1968 r. Wojskowe Zakłady Graficzne w Warszawie.
N-22 Cena zł 55.—

SPIS TREŚCI

Przedmowa do wydania radzieckiego 9
Wykaz oznaczeń 11

I. Zasady łączności radiowej 17
1. Podstawowe wiadomości o falach elektromagnetycznych . 17
2. Schemat ogólny łączności radiowej 20
3. Fale elektromagnetyczne wykorzystywane w radiotechnice 23
4. Krótki opis rozwoju radiotechniki 26
5. Elementy i podzespoły stosowane we współczesnej radiotechnice 29

II. Obwody elektryczne prądu zmiennego 32
1. Wielkości zmieniające się sinusoidalnie i ich wykresy wektorowe 32
2. Podstawowe elementy obwodów radiotechnicznych i przepływ przez nie prądu zmiennego 35
3. Moc prądu zmiennego 49
4. Stany nieustalone i ustalone w obwodach elektrycznych składających się z kondensatorów i cewek indukcyjnych 53
5. Prądy niesinusoidalne i ich widma 60
6. Drgania swobodne w obwodzie 67
7. Drgania wymuszone w obwodzie szeregowym 71
8. Drgania wymuszone w obwodzie równoległym 77
9. Stany nieustalone w obwodzie drgań 86
10. Obwody równoległe, mające różne elementy bierne w jednej z gałęzi 90

III. Obwody sprzężone 97
1. Drgania w dwóch obwodach sprzężonych 97
2. Strojenie układu dwóch obwodów sprzężonych 109

IV. Filtry elektryczne 111
1. Przeznaczenie filtrów 111
2. Filtry źródeł zasilania prądu stałego 111
3. Filtry dolnoprzepustowe 114

4. Filtry górnoprzepustowe 119
5. Filtry pasmowe i zaporowe 122

V. Linie długie 124

1. Drgania elektryczne w liniach idealnych nieskończenie długich 124
2. Drgania w liniach o określonej długości otwartych na końcu 132
3. Drgania w liniach o określonej długości zwartych na końcu 138
4. Drgania w liniach obciążonych opornością bierną . . . 140
5. Drgania w liniach obciążonych opornością czynną . . . 141
6. Drgania w liniach obciążonych opornością pozorną . . . 146
7. Linie realne ze stratami energii 149
8. Zastosowanie linii długich jako elementów biernych i transformatorów oporności 161

VI. Anteny 167

1. Układy promieniujące 167
2. Wibratory symetryczne (dipole) 170
3. Wpływ ziemi na promieniowanie anten. Wibratory niesymetryczne 185
4. Częstotliwości rezonansowe anten. Anteny harmonicznych 190
5. Anteny współfazowe i przeciwfazowe. Reflektory i direktory 193
6. Kierunkowe charakterystyki promieniowania anten z uwzględnieniem wpływu powierzchni ziemi 201
7. Wibratory złożone 207
8. Anteny ramowe 210
9. Anteny fal długich i średnich 211
10. Anteny fal krótkich 214
11. Anteny fal ultrakrótkich 222

VII. Rozchodzenie się fal radiowych 231

1. Właściwości atmosfery i powierzchni Ziemi, wpływające na rozchodzenie się fal radiowych 231
2. Uwzględnienie wpływu powierzchni Ziemi i jonosfery na rozchodzenie się fal radiowych 239
3. Rozchodzenie się fal długich 244
4. Rozchodzenie się fal średnich 246
5. Rozchodzenie się fal krótkich 249
6. Rozchodzenie się fal ultrakrótkich 256

VIII. Elektronowe przyrządy próżniowe i przyrządy półprzewodnikowe 267

1. Elektronika współczesna 267
2. Ruch elektronów w próżni. Katody lamp elektronowych . 269
3. Diody 277

4. Triody 286
5. Lampy wielosiatkowe 303
6. Przewodność półprzewodników 314
7. Diody półprzewodnikowe 317
8. Triody półprzewodnikowe (tranzystory) 320
9. Lampy elektronostrumieniowe 328
10. Krótkie wiadomości o przyrządach jonowych 334

IX. Wzmacniacze drgań elektrycznych 340

1. Przeznaczenie i klasyfikacja wzmacniaczy 340
2. Wiadomości ogólne o wzmacniaczach małej częstotliwości 344
3. Lampowe oporowe wzmacniacze małej częstotliwości . . 348
4. Tranzystorowe oporowe wzmacniacze małej częstotliwości 357
5. Stabilizacja zasilania wzmacniaczy tranzystorowych . . 365
6. Wzmacniacze wyjściowe małej częstotliwości 366
7. Wstępne wzmacniacze mocy. Sprzężenie zwrotne we wzmacniaczach 379
8. Wzmacniacze wielkiej częstotliwości 384
9. Wzmacniacze pośredniej częstotliwości 392
10. Szumy własne wzmacniaczy 394
11. Zadania mikrominiaturyzacji 397

X. Generowanie drgań elektrycznych 400

1. Zasada działania generatorów lampowych 400
2. Generatory obcowzbudne (wzmacniacze) 407
3. Generatory samowzbudne 419
4. Generatory lampowe bardzo wielkiej częstotliwości . . 441
5. Generatory i wzmacniacze klistronowe 448
6. Generatory o fali bieżącej 455
7. Lampy o fali wstecznej 459
8. Generatory o fali bieżącej klasy M 463
9. Generatory i wzmacniacze tranzystorowe 472
10. Generatory z opornością ujemną 474
11. Generatory drgań sinusoidalnych z elementem biernym o jednym znaku 476
12. Zjawisko przeciągania częstotliwości generatora samowzbudnego 477
13. Zjawisko przechwytywania częstotliwości generatora samowzbudnego 481
14. Generatory drgań niesinusoidalnych 487

XI. Przekształcanie drgań elektrycznych 495

1. Wiadomości wstępne 495
2. Modulacja amplitudy 496
3. Modulacja częstotliwości i fazy 504
4. Modulacja impulsowa 514
5. Detekcja drgań wielkiej częstotliwości 519

6. Przemiana częstotliwości 524
7. Przekształcanie impulsów elektrycznych 529

XII. Radiowe urządzenia nadawcze 537
1. Przeznaczenie i klasyfikacja radiowych urządzeń nadawczych 537
2. Stabilizacja częstotliwości generatorów 538
3. Przekazywanie mocy do obciążenia użytecznego 549
4. Stopnie pośrednie nadajników radiowych 552
5. Stopnie wyjściowe nadajników radiowych 554
6. Impulsowe nadajniki radiowe 560

XIII. Radiowe urządzenia odbiorcze 565
1. Przeznaczenie i podstawowe charakterystyki odbiornika radiowego 565
2. Obwody wejściowe odbiorników radiowych 573
3. Stopnie przemiany częstotliwości odbiorników superheterodynowych 577
4. Detektory odbiorników radiowych 584
5. Regulacje w odbiornikach radiowych 596
6. Zakłócenia 602
7. Przykładowy schemat odbiornika radiowego 606

XIV. Dziedziny zastosowań radiotechniki 611
1. Łączność radiowa i radiofonia 611
2. Telewizja 613
3. Radiolokacja 616
4. Radionawigacja 620
5. Radiotelesterowanie 622
6. Inne dziedziny zastosowania radiotechniki 624

PRZEDMOWA DO WYDANIA RADZIECKIEGO

Radiotechnika w Związku Radzieckim stała się jedną z najważniejszych gałęzi techniki. Rozwiązuje ona wiele zadań postępu ekonomicznego, technicznego i kulturalnego. Z każdym rokiem rozszerza się zakres zastosowań radiotechniki, a jednocześnie rozwija się także radioamatorstwo. Program Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego przewiduje dalszy intensywny rozwój wielu dziedzin radiotechniki i elektroniki oraz zakończenie radiofonizacji kraju. Przyczynia się to do wzrostu chęci opanowania wiedzy o radiotechnice w społeczeństwie, a wśród radioamatorów — dążności do usystematyzowania tej wiedzy.

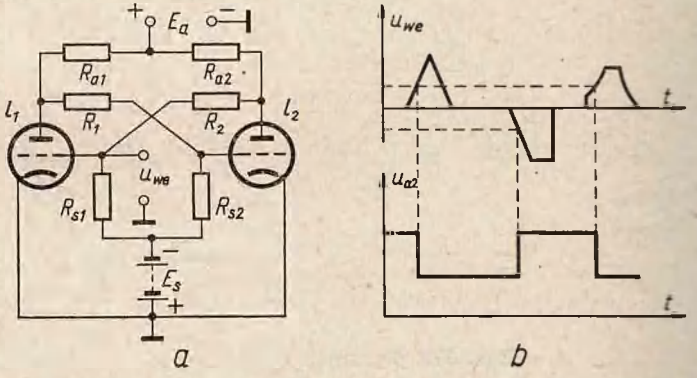
Dla zaspokojenia wzrastającego zapotrzebowania na literaturę, umożliwiającą systematyzowanie wiadomości zainteresowanych czytelników, redakcja Powszechnej Biblioteki Radiowej już w 1958 roku rozpoczęła wydawanie serii podręczników. Dotychczas ukazało się pięć pozycji tej serii: N. M. Izjumow i D. P. Linde — *Podstawy radiotechniki;* N. W. Bobrow — *Urządzenia radioodbiorcze,* G. S. Cykin — *Wzmacniacze sygnałów elektrycznych;** A. M. Mejerson — *Technika pomiarów radiowych;* I. P. Żeriebcow — *Podstawy elektroniki.* Nakłady tych podręczników szybko zostały wyczerpane, a obecnie redakcja Biblioteki wznawia wydanie książek z tej serii. Pierwszą wznowioną pozycją jest niniejsza książka.

W niniejszym, drugim wydaniu pozostawiono bez zmian zasadniczy kierunek wydania pierwszego oraz zakres omawianych zagadnień, jak też charakter opisu. Zmianie natomiast uległa objętość poszczególnych rozdziałów, a ich treść uzupełniono szeregiem najnowszych wiadomości. Zmieniono również metodę omawiania poszczególnych zagadnień.

W pracy tej opisano podstawowe wiadomości z radiotechniki.

* Przełożona na język polski. *(przyp. tłum.).*

Załóżmy, że w pewnym momencie czasu w obwodach obu lamp płyną jednakowe prądy. W wyniku nieuniknionych fluktuacji strumienia elektronów w jakimś momencie czasu prąd w jednej z lamp, na przykład w lampie l_1, nieco wzrośnie. Wówczas zwiększy się spadek napięcia na oporności R_{a1}, czyli mniejsza część napięcia przypadnie na oporności R_1 i R_{s2} i wobec tego zmniejszy się płynący przez nie prąd, co spowoduje zmniejszenie



Rys. 380. Trigger:
a — schemat, b — przebiegi napięć na wejściu i wyjściu triggera

napięcia na siatce sterującej lampy l_2. Spowoduje to zmniejszenie prądu płynącego przez lampę l_2 i zwiększenie napięcia dodatniego na jej anodzie. Taki stan rzeczy wywoła zwiększenie prądu płynącego przez oporności R_2 i R_{s1} i wzrost potencjału siatki sterującej lampy l_1. Wówczas jeszcze bardziej wzrośnie prąd płynący przez lampę l_1. Proces ten doprowadzi do lawinowego zmniejszania się prądu jednej lampy i wzrostu prądu lampy drugiej i będzie to trwało tak długo, aż jedna z lamp zostanie zablokowana. Czas pozostawania układu w takim stanie nie jest określony, czyli będzie to stan równowagi układu.

Jeżeli jednak do siatki sterującej lampy zablokowanej doprowadzi się impuls napięcia dodatniego, wystarczający do wywołania w niej choćby małego prądu anodowego, to wszystkie procesy będą przebiegały w kierunku odwrotnym i doprowadzą do niezwykle szybkiego zablokowania lampy, która przedtem była odblokowana. Takie przerzucenie układu można spowodować także przez doprowadzenie do siatki sterującej lampy odblokowanej

impulsu ujemnego napięcia, zdolnego do małego zmniejszenia jej prądu anodowego. Wobec tego układ ten można zmusić do działania w jedną i drugą stronę, doprowadzając do siatki sterującej jednej z lamp impulsy o przeciwnej polaryzacji.

Na rysunku 380b przedstawiono wykresy napięcia anodowego lampy l_2 przy pracy układu pod działaniem impulsów zewnętrznych, których amplituda jest większa od napięcia przerzutu. Impulsy te są doprowadzane do obwodu siatki sterującej lampy l_1. Przy odblokowywaniu lampy sterują one jej prądem anodowym. Natomiast napięcie na lampie l_2 zmienia się skokowo o stałą wartość amplitudy.

Często zachodzi potrzeba przekształcenia sygnału w układach impulsowych w ten sposób, aby napięcie lub prąd na wyjściu układu były proporcjonalne nie do wartości napięcia lub prądu sygnału doprowadzonego do jego wejścia, lecz do prędkości jego zmian. Tego rodzaju proces przekształcania nosi nazwę różniczkowania sygnału wejściowego, a układy, które dokonują tego procesu, nazywają się układami (obwodami) r ó ż n i c z k u j ą c y m i.

Najprostszym obwodem różniczkującym jest szeregowe połączenie oporności czynnej i kondensatora (rys. 381a). Jeżeli oporność kondensatora C dla podstawowych składowych prądu impulsu jest dużo razy większa od oporności czynnej R, to charakter zmian prądu w obwodzie w zasadzie określa kondensator. Prąd w obwodzie kondensatora jest proporcjonalny do prędkości zmian napięcia panującego na kondensatorze

$$i_c = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C\Delta u}{\Delta t}$$

gdzie: $\Delta u/\Delta t$ — prędkość zmiany napięcia.

Prąd ten, przepływając przez oporność R, odkłada na niej spadek napięcia proporcjonalny do prędkości zmiany napięcia na wyjściu obwodu.

Układy różniczkujące umożliwiają uzyskanie krótkotrwałych impulsów o stromym czole przy doprowadzeniu do ich wejścia impulsów, których kształt jest zbliżony do prostokąta (rys. 381b). Impuls na wejściu układu powstaje w momencie początku impulsu na wejściu. Im bardziej strome jest czoło impulsu na wejściu, czyli im większa jest prędkość narastania napięcia, tym większa jest amplituda impulsu na wyjściu. W tym czasie, kiedy wzrost napięcia na wejściu maleje, napięcie na wyjściu maleje i staje się równe zeru w czasie odpowiadającym płaskiemu wierzchołkowi impulsu wejściowego, to jest wówczas gdy napięcie na wejściu nie zmienia się. Przy zmniejszaniu się napięcia na wejściu znowu

Cena zł 12.—