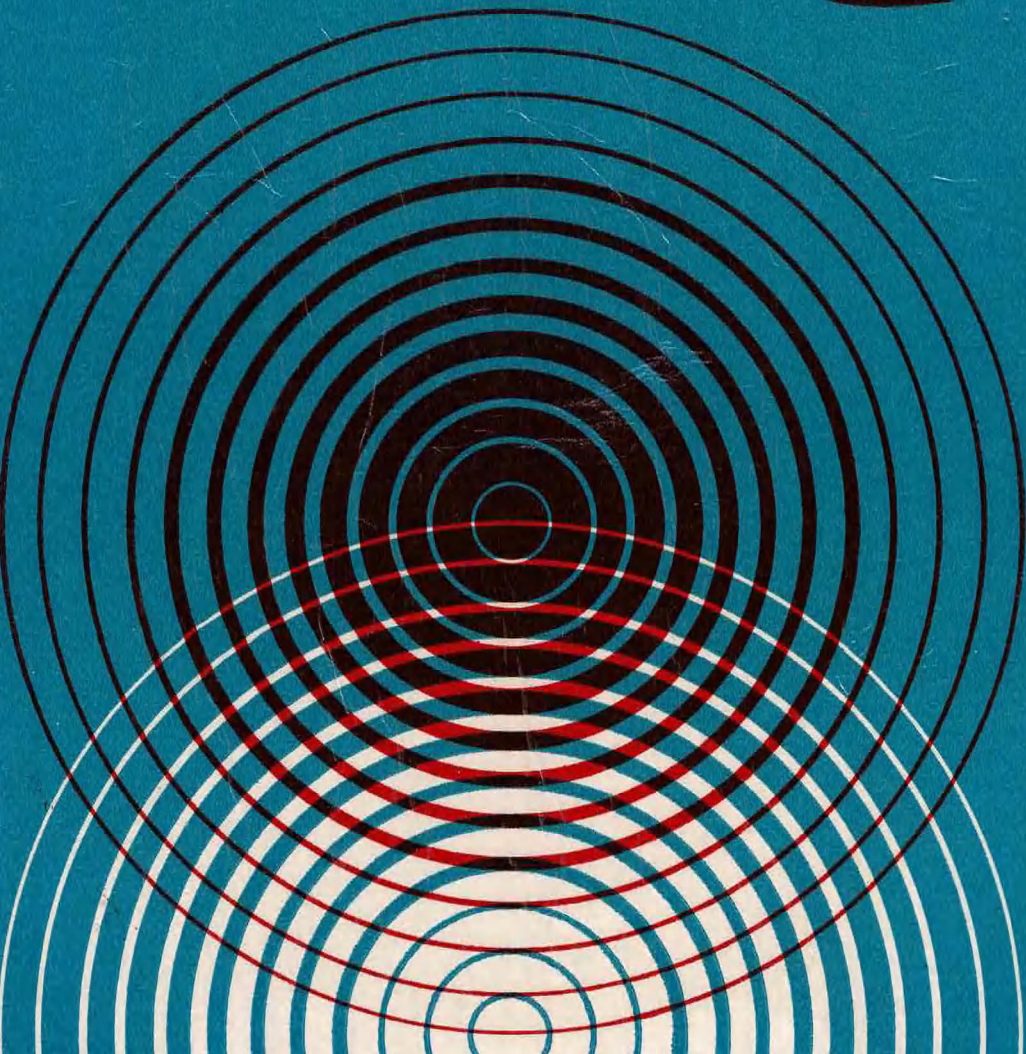
ADAM SUCHANEK

# PODSTAWY RADIOTECHNIKI I TELEWIZJI



ADAM SUCHANEK

# PODSTAWY RADIOTECHNIKI I TELEWIZJI

WYDAWNICTWA KOMUNIKACJI i ŁĄCZNOŚCI

Okładkę projektował: *Krzysztof Racinowski*

621.396/.397.001

Książka zawiera opis konstrukcji i zasady działania elementów i układów stosowanych w odbiornikach radiofonicznych i telewizyjnych. Podano w niej przykłady schematów tych odbiorników. W rozwiązaniach poszczególnych podzespołów elektronicznych uwzględniono zastosowanie zarówno lamp elektronowych, jak i przyrządów półprzewodnikowych.
Książka jest przeznaczona dla radioamatorów, uczestników kursów radiowych LOK, uczniów zasadniczych i średnich szkół zawodowych o profilu radiowym i telewizyjnym.

*Wydanie pierwsze*, WKiŁ 1970, 14 800 egz.

Opiniodawcy: mgr inż. *E. Dumania*
mgr inż. *P. Mroziński*

Redaktor mgr inż. *Janusz Łokuć*

Redaktor techniczny *Mieczysław Wodyk*

Korektorzy: *Bożenna Lada*
*Maria Matulewicz*

WYDAWNICTWA KOMUNIKACJI i ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA 1973

Wyd. 2, Nakład 30 000 + 180 egz. Ark. druk. 28,75 w tym 1 wklejka. Ark. wyd. 31,13. Oddano do składania w lipcu 1972. Podpisano do druku w czerwcu 1973. Druk ukończono w lipcu 1973. Papier druk. sat. kl. V, 70 g. 86 × 122 cm. z Włocławka Zam. P/117/72. K-6828. Cena 50.—. R-24

„Dom Słowa Polskiego". Zam. 6321

## SPIS TREŚCI

Wykaz zasadniczych oznaczeń . . . 9
Przedmowa . . . 11
Wstęp . . . 15

**1. Ogólne pojęcia radiofonii** . . . 17

1.1. Ruch falowy . . . 17
1.1.1. Fale na powierzchni wody . . . 17
1.1.2. Parametry ruchu falowego . . . 18
1.1.3. Przykłady ruchu falowego . . . 19
1.1.4. Proces transmisji radiofonicznej . . . 20
1.2. Nadajnik i odbiornik radiowy . . . 21
1.3. Długość fali radiowej . . . 23

**2. Podstawowe elementy radiowe** . . . 25

2.1. Oporniki . . . 25
2.1.1. Klasyfikacja oporników . . . 25
2.1.2. Oporniki stałe . . . 27
2.1.3. Oporniki zmienne . . . 28
2.1.4. Oporniki półprzewodnikowe . . . 29
2.2. Cewki indukcyjne . . . 30
2.2.1. Rodzaje cewek indukcyjnych . . . 30
2.2.2. Parametry cewek indukcyjnych . . . 31
2.2.3. Konstrukcja cewek . . . 33
2.3. Kondensatory . . . 35
2.3.1. Klasyfikacja kondensatorów . . . 35
2.3.2. Parametry kondensatorów . . . 36
2.3.3. Konstrukcja kondensatorów . . . 38
2.4. Lampy elektronowe . . . 41
2.4.1. Lampa dwuelektrodowa . . . 41
2.4.2. Trioda . . . 49
2.4.3. Lampy wieloelektrodowe . . . 60
2.4.4. Lampy specjalne . . . 69
2.4.5. Klasyfikacja i oznaczanie lamp elektronowych . . . 74
2.5. Półprzewodniki . . . 79
2.5.1. Dioda półprzewodnikowa . . . 79
2.5.2. Tranzystor . . . 90
2.5.3. Oznaczenia półprzewodników . . . 106

**3. Obwody drgań** . . . 118

3.1. Zamknięty obwód drgań . . . 118
3.1.1. Działanie obwodu drgań . . . 118
3.1.2. Rodzaje obwodów drgań . . . 121
3.1.3. Parametry obwodu drgań . . . 125
3.2. Sprzężone obwody drgań . . . 127
3.2.1. Rodzaje sprzężeń . . . 127
3.2.2. Sprzężenia szkodliwe . . . 130
3.3. Otwarty obwód drgań . . . 131
3.3.1. Otwarty obwód drgań jako źródło fal elektromagnetycznych . . . 131
3.3.2. Rozchodzenie się fal elektromagnetycznych . . . 132
3.4. Anteny . . . 137
3.4.1. Anteny nadawcze . . . 137
3.4.2. Anteny odbiorcze . . . 138

**4. Podstawowe układy radiowe** . . . . . 144
4.1. Wzmacniacze małej częstotliwości . . . . . 144
4.1.1. Zasada działania wzmacniacza . . . . . 144
4.1.2. Sprzężenia we wzmacniaczach . . . . . 151
4.1.3. Przykłady wzmacniaczy m.cz. . . . . 157
4.2. Modulatory . . . . . 168
4.2.1. Rodzaje modulacji . . . . . 168
4.2.2. Modulatory amplitudy . . . . . 172
4.3. Układy detekcyjne . . . . . 175
4.3.1. Przeznaczenie układów detekcyjnych . . . . . 175
4.3.2. Detekcja amplitudy . . . . . 175
4.3.3. Detekcja sygnałów modulowanych częstotliwościowo . . . . . 182
4.4. Układy generatorów . . . . . 188
4.4.1. Zasada działania generatora . . . . . 188
4.4.2. Rodzaje generatorów . . . . . 189
4.5. Układy zasilające . . . . . 195
4.5.1. Zasada działania prostownika . . . . . 195
4.5.2. Układy prostowników . . . . . 201
4.5.3. Zasilanie radiowych odbiorników lampowych . . . . . 206
4.5.4. Zasilanie odbiorników tranzystorowych . . . . . 208

**5. Odbiorniki radiowe** . . . . . 210
5.1. Układy prostych odbiorników . . . . . 210
5.1.1. Schematy blokowe prostych odbiorników . . . . . 210
5.1.2. Obwody wejściowe . . . . . 211
5.1.3. Odbiorniki detektorowe . . . . . 214
5.1.4. Detektor z wzmacniaczem małej częstotliwości . . . . . 217
5.1.5. Odbiorniki reakcyjne . . . . . 219
5.1.6. Odbiorniki z wzmacniaczem w.cz. . . . . 223
5.2. Odbiorniki superheterodynowe . . . . . 229
5.2.1. Zasada działania odbiornika superheterodynowego . . . . . 229
5.2.2. Układ przemiany . . . . . 231
5.2.3, Wzmacniacze częstotliwości pośredniej . . . . . 235
5.2.4. Detekcja i regulacja wzmocnienia . . . . . 236
5.2.5. Korekcja barwy dźwięku . . . . . 238
5.2.6. Zalety i wady odbiornika superheterodynowego . . . . . 239
5.2.7. Strojenie odbiorników superheterodynowych . . . . . 241
5.2.8. Odbiorniki z modulacją częstotliwości . . . . . 245
5.2.9. Przykłady odbiorników superheterodynowych . . . . . 249
5.3. Tendencje rozwojowe . . . . . 254
5.3.1. Stereofonia . . . . . 254
5.3.2. Miniaturyzacja sprzętu radiowego . . . . . 262

**6. Ogólne pojęcie techniki telewizyjnej** . . . . . 267
6.1. Nadawanie . . . . . 267
6.1.1. Nadawanie obrazów nieruchomych . . . . . 267
6.1.2. Nadawanie obrazów ruchomych . . . . . 271
6.1.3. Kanał telewizyjny . . . . . 274
6.1.4. Zasięg stacji telewizyjnych . . . . . 277
6.2. Odbiór . . . . . 280
6.2.1. Schematy blokowe odbiorników telewizyjnych . . . . . 280
6.2.2. Obwody wejściowe odbiorników telewizyjnych . . . . . 283

**7. Kineskopy** . . . . . 285
7.1. Zasada działania kineskopu . . . . . 285
7.1.1. Ogólna konstrukcja kineskopu . . . . . 285
7.1.2. Działanie kineskopu . . . . . 286



7.2. Skupianie elektronów . . . . . 287
7.2.1. Rodzaje układów skupiających . . . . . 287
7.2.2. Środkowanie strumienia elektronów . . . . . 290
7.2.3. Pułapka jonowa . . . . . 290
7.3. Odchylanie strumienia elektronowego . . . . . 291
7.4. Ekran kineskopu . . . . . 294
7.5. Oznaczenia kineskopów . . . . . 295
7.5.1. Zasada oznaczania . . . . . 295
7.5.2. Rodzaje oznaczeń . . . . . 296
7.6. Zasady bezpieczeństwa w obchodzeniu się z kineskopami . . . . . 297

**8. Anteny telewizyjne** . . . . . 298
8.1. Rodzaje anten . . . . . 298
8.1.1. Zasada odbioru fali elektromagnetycznej . . . . . 298
8.1.2. Dipol półfalowy prosty . . . . . 300
8.1.3. Dipol pętlowy . . . . . 302
8.1.4. Anteny wieloelementowe . . . . . 304
8.1.5. Anteny odbiorcze na zakres IV–V . . . . . 308
8.1.6. Anteny pokojowe . . . . . 309
8.1.7. Telewizyjne anteny zbiorcze . . . . . 310
8.2. Doprowadzenia antenowe . . . . . 312
8.2.1. Rodzaje linii przesyłowych . . . . . 312
8.2.2. Instalacje antenowe . . . . . 315

**9. Podstawowe układy odbiorników telewizyjnych** . . . . . 317
9.1. Tor wizji . . . . . 317
9.1.1. Przeznaczenie i układ blokowy toru wizji . . . . . 317
9.1.2. Wzmacniacz wielkiej częstotliwości . . . . . 319
9.1.3. Stopień przemiany . . . . . 324
9.1.4. Przełącznik kanałów . . . . . 329
9.1.5. Wzmacniacz częstotliwości pośredniej . . . . . 329
9.1.6. Detektor wizji . . . . . 335
9.1.7. Zasada działania wzmacniacza wizji . . . . . 340
9.1.8. Automatyczna regulacja wzmocnienia w torze wizji . . . . . 345
9.1.9. Przykłady rozwiązania wzmacniaczy wizji . . . . . 350
9.2. Układy synchronizacji . . . . . 356
9.2.1. Proces odchylania strumienia elektronowego w kineskopie . . . . . 356
9.2.2. Przeznaczenie układu i przebieg procesu synchronizacji . . . . . 359
9.2.3. Schemat blokowy układu odchylania . . . . . 360
9.2.4. Selektor amplitudy . . . . . 361
9.2.5. Separacja impulsów synchronizujących . . . . . 364
9.2.6. Układy sterujące . . . . . 372
9.3. Układy odchylające . . . . . 381
9.3.1. Przeznaczenie układu odchylania . . . . . 381
9.3.2. Wytwarzanie przebiegów piłokształtnych . . . . . 382
9.3.3. Generator blokujący . . . . . 384
9.3.4. Multiwibrator . . . . . 389
9.3.5. Generator sinusoidalny . . . . . 391
9.3.6. Układy kształtujące impulsy odchylające . . . . . 393
9.3.7. Wzmacniacz końcowy odchylania pionowego . . . . . 394
9.3.8. Wzmacniacz końcowy odchylania poziomego . . . . . 397
9.4. Tor fonii . . . . . 406
9.4.1. Przeznaczenie toru fonii i rodzaje układów . . . . . 406
9.4.2. Wzmacniacz częstotliwości różnicowej fonii . . . . . 409
9.4.3. Ogranicznik amplitudy . . . . . 409
9.4.4. Detekcja fonii . . . . . 411
9.4.5. Wzmacniacz częstotliwości akustycznych . . . . . 412

9.5. Układy zasilania . . . . . 413
9.5.1. Rodzaje układów zasilania i ich przeznaczenie . . . . . 413
9.5.2. Układ zasilania niskonapięciowego . . . . . 414
9.5.3. Układ zasilania wysokonapięciowego . . . . . 417

**10. Odbiorniki telewizyjne** . . . . . 418
10.1. Odbiornik telewizyjny „Agat-2" . . . . . 418
10.1.1. Ogólna charakterystyka . . . . . 418
10.1.2. Układ elektryczny odbiornika . . . . . 420
10.1.3. Regulacja i strojenie odbiornika . . . . . 425
10.2. Tendencje rozwojowe . . . . . 432
10.2.1. Kierunki rozwoju odbiorników telewizyjnych . . . . . 432
10.2.2. Odbiornik telewizji kolorowej . . . . . 436
Wykaz literatury . . . . . 452

# WYKAZ ZASADNICZYCH OZNACZEŃ

**Opory**

$R$ — rezystancja (opór czynny), opornik
$R_a$ — opór statyczny lampy, opór anodowy
$R_k$ — opór katodowy
$R_d$ — opór roboczy
$R_d$ — opór wewnętrzny triody
$R_{wej}$ — opór wejściowy
$R_{wyj}$ — opór wyjściowy
$X$ — reaktancja (opór bierny)
$X_C$ — reaktancja (opór bierny) pojemnościowa
$X_{Co}$ — reaktancja (opór bierny) pojemnościowa przy rezonansie
$X_L$ — reaktancja (opór bierny) indukcyjna
$X_{Lo}$ — reaktancja (opór bierny) indukcyjna przy rezonansie
$Z$ — impedancja (opór pozorny)
$Z_f$ — opór falowy (moduł)

**Pojemności i indukcyjności**

$C$ — pojemność, kondensator
$C_K$ — kondensator katodowy
$L$ — indukcyjność, cewka indukcyjna

**Napięcia**

$U_a$ — napięcie anodowe
$U_B$ — napięcie bazy
$U_C$ — napięcie kolektora
$U_{CB}$ — napięcie między kolektorem i bazą
$U_{CE}$ — napięcie między kolektorem a emiterem
$U_{CEm}$ — napięcie maksymalne między kolektorem a emiterem
$U_E$ — napięcie emitera
$U_R$ — napięcie na rezystancji (oporze czynnym)
$U_s$ — napięcie sterujące (sygnału)
$U_{s0}$ — napięcie stałe polaryzujące siatkę
$U_{ss}$ — napięcie sprzężenia zwrotnego
$U_{wm}$ — napięcie wsteczne maksymalne
$U_{wszm}$ — napięcie wsteczne maksymalne szczytowe
$U_z$ — napięcie zmienne

**Prądy**

$I_a$ — prąd anodowy
$I_{a0}$ — składowa stała prądu anodowego
$I_B$ — prąd bazy
$I_C$ — prąd kolektora
$I_{CB_0}$ — prąd zerowy kolektora
$I_{C0}$ — prąd zerowy kolektora wsteczny
$I_{Cm}$ — prąd maksymalny kolektora stały
$I_{Cmm}$ — prąd maksymalny kolektora szczytowy
$I_E$ — prąd emitera

— współczynnik wzmocnienia prądowego, który zwykle podaje się w odniesieniu do układu z wspólnym emiterem (β), a niekiedy w odniesieniu do układu z wspólną bazą (α),
— częstotliwość graniczna $f_\alpha$ (maksymalna częstotliwość, którą tranzystor może przenosić, tzn. przy której współczynnik wzmocnienia maleje o 3 dB w stosunku do wartości występującej przy m.cz.).

#### 2.5.2.9. Klasyfikacja tranzystorów

Tranzystory klasyfikuje się w zależności od konstrukcji i przeznaczenia. Można wyróżnić następujące kryteria klasyfikacji: rodzaj półprzewodnika, kierunek przewodzenia poszczególnych przejść między elektrodami, zakres mocy, zakres częstotliwości i przeznaczenie.

Oznaczenia tranzystorów nie zostały ujednolicone w skali międzynarodowej.

W zależności od rodzaju półprzewodnika rozróżnia się tranzystory germanowe i krzemowe. W Polsce szeroko rozwinięto produkcję tranzystorów germanowych, a produkcja tranzystorów krzemowych postępuje szybko naprzód.

W zależności od usytuowania poszczególnych warstw rozróżnia się tranzystory typu *p-n-p* i typu *n-p-n*. Największe rozpowszechnienie znalazły tranzystory typu *p-n-p*; tranzystory typu *n-p-n* znajdują zastosowanie w niektórych układach specjalnych. Zasada działania obu typów tranzystorów jest taka sama, jednak ze względu na odmienne usytuowanie poszczególnych warstw w tranzystorze typu *n-p-n*, napięcia polaryzujące przyłącza się do jego elektrod odwrotnie niż do tranzystora typu *p-n-p*.

W celu polaryzacji przejścia emiter-baza w kierunku przewodzenia baterię emiterową przyłącza się biegunem dodatnim do bazy. W celu polaryzacji złącza baza-kolektor w kierunku zaporowym baterię kolektorową przyłącza się biegunem dodatnim do kolektora.

W zależności od mocy uzyskiwanej na wyjściu tranzystory dzieli się na grupę małej mocy (do 50 mW), średniej mocy (od 100 do kilkuset mW) i dużej mocy (od 1 do kilku W).

W zależności od częstotliwości granicznej rozróżnia się tranzystory: małej częstotliwości (do ok. 0,5 MHz), średniej częstotliwości (od ok. 0,5 MHz do kilku MHz) i wielkiej częstotliwości (od kilku do kilkudziesięciu MHz).

### 2.5.3. Oznaczenia półprzewodników

Oznaczenia półprzewodników, podobnie jak oznaczenia lamp elektronowych, nie są ujednolicone w skali międzynarodowej. Poniżej zostaną omówione systemy oznaczeń półprzewodników produkcji polskiej i radzieckiej. Zarówno w oznaczeniach polskich jak i radzieckich spotykamy się ze starym i nowym systemem. Nowy system jest praktycznie wprowadzany stopniowo od 1968 roku.



#### 2.5.3.1. Oznaczenia polskie

W systemie starym stosowano odrębne zasady oznaczania diod i odrębne dla tranzystorów.

Diody ostrzowe germanowe oznaczano symbolem DOG, a diody warstwowe (złączowe) germanowe — symbolem DZG. Diody krzemowe oznaczano symbolem DK, diody Zenera symbolem DZ.

*Liczby* umieszczone po literach określały przeznaczenia diody, a mianowicie:

1—7 — do układów prostowniczych zasilających,
11—22 — do układów detekcyjnych i prostowniczych małej mocy,
50—58 — nowsza seria numerów 11—22,
31 i następne oraz 61 i następne — do układów w.cz.

Oznaczenia tranzystorów składały się z dwóch grup: literowej i cyfrowej.

Grupa *literowa* składa się z dwóch liter:

TG — tranzystor germanowy typu p-n-p,
TK — tranzystor krzemowy typu p-n-p.

Grupa *cyfrowa* składała się z jednej lub dwóch cyfr i oznaczała przeznaczenie tranzystora. Rozróżniano następujące grupy:

— tranzystory małej mocy i małej częstotliwości T61—T66,
— tranzystory małej mocy i średniej częstotliwości TG9, TG10, ($f_\alpha = 0{,}5$ MHz), TG11, TG20 ($f_\alpha = 2$ MHz),
— tranzystory małej mocy i wielkiej częstotliwości TG37 — TG40 ($f_\alpha >$ $> 20$ MHz),
— tranzystory średniej mocy i małej częstotliwości TG50 — TG55 ($P_m =$ $= 175$ mW, $f_\alpha \approx 300$ kHz),
— tranzystory dużej mocy i małej częstotliwości ($f_\alpha = 100$ kHz) TG70 — TG72 o mocy maksymalnej 1 W bez radiatora chłodzącego i mocy maksymalnej do 5 W z radiatorem (w celu uzyskania mocy $P_m = 5$ W trzeba tranzystor zamontować na radiatorze z blachy aluminiowej grubości 3 mm, o wymiarach 150×150 mm).

**W nowym systemie** przyjmuje się za podstawę jednolite zasady oznaczania diod i tranzystorów oraz podział elementów półprzewodnikowych na:
— elementy przeznaczone do powszechnego użytku, oznaczane symbolem złożonym z dwóch liter i trzech cyfr,
— elementy przeznaczone do urządzeń zastosowania profesjonalnego, oznaczone symbolem złożonym z trzech liter (trzecia dodatkowa litery Y) oraz z dwóch cyfr.

*Pierwsza litera* określa typ podstawowego surowca użytego do produkcji danego elementu:

A — german,
B — krzem,
R — inne materiały półprzewodnikowe.

*Druga litera* oznacza rodzaj elementu półprzewodnikowego:

A — diody (z wyjątkiem diod mocy, diod Zenera, diod sterowanych, diod tunelowych i fotodiod),
C — tranzystor małej częstotliwości i małej mocy ($f_\alpha < 2{,}5$ MHz),
D — tranzystor mocy, małej częstotliwości ($f_\alpha < 2{,}5$ MHz),
E — diodę tunelową,
F — tranzystor małej mocy wielkiej częstotliwości ($f_\alpha > 2{,}5$ MHz),
L — tranzystor mocy wielkiej częstotliwości ($f_\alpha > 2{,}5$ MHz),
P — fotoelement,
R — tyrystor,
S — tranzystor impulsowy,
T — tyrystor mocy,
U — tranzystor impulsowy mocy,
Y — diodę mocy (od 10 A),
Z — diodę Zenera (stabilizacyjną).

Trzecia litera — Y — występuje tylko w oznaczeniach elementów przeznaczonych do zastosowania profesjonalnego.

*Pierwsza cyfra* określa rodzaj technologii stosowanej przy produkcji danego elementu:

3 — technologię stopową i ostrzową,

4 — technologię stopowo-dyfuzyjną,

5 — technologię dyfuzyjną.

*Cyfry druga i trzecia* tworzą z zasady liczbę porządkową danego typu. Może ona określać grupę wyrobu lub konkretny wyrób w danej grupie. Wyjątek stanowi oznaczenie cyfrowe diod mocy i diod Zenera, które określa ich główne parametry. Diody mocy mają oznaczenia cyfrowe w postaci ułamka, którego licznik określa wartość prądu przewodzenia w amperach, a mianownik — wartość napięcia wstecznego w setkach woltów, np.: BY 100/3 — krzemowa dioda mocy o prądzie przewodzenia 100 A i napięciu wstecznym 300 V. Diody mocy o specjalnym rozwiązaniu konstrukcyjnym (np. odwróconej biegunowości) oznacza się za pomocą dodatkowej litery na końcu oznaczenia.

Oznaczenie diody Zenera zawiera oprócz symboli materiału i typu elementu również dane dotyczące napięcia Zenera (stabilizowanego), a więc wartości tolerancji i wartości tego napięcia. Stosuje się dwie wartości tolerancji:

C — tolerancja $\pm$ 5%,

D — tolerancja $\pm$ 10%.

Znaczenie poszczególnych symboli można rozpatrzyć na przykładach oznaczeń:

BZ2/C6V8 — krzemowa dioda Zenera (BZ2) o tolerancji napięcia $\pm$5% (C) i napięciu Zenera 6,8 V (6V8).

AF514 — tranzystor germanowy małej mocy wielkiej częstotliwości, wykonany techniką dyfuzyjną, przeznaczony do powszechnego użytku,



BF504 — tranzystor krzemowy małej mocy wielkiej częstotliwości, wykonany techniką dyfuzyjną, przeznaczony do powszechnego użytku,

BY100/3 — krzemowa dioda mocy o prądzie przewodzenia 100 A i o napięciu wstecznym 300 V.

#### 2.5.3.2. Oznaczenia radzieckie

**W starym systemie** rozróżnia się inne oznaczenia dla diod i inne dla tranzystorów.

Diody oznaczano literą Д (dioda) i liczbą, określającą konstrukcję i przeznaczenie diody (tabl. 2.2).

Tablica 2.2

**Znaczenie numeracji diod produkcji radzieckiej**

| Materiał | Diody zwyczajne | | Diody specjalnego przeznaczenia | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ostrzowe | Warstwowe | Mieszające | Powielające | Detektory wizji | Parametryczne | Stabilizatory |
| German | 1—100 | 301—400 | 401—500 | 501—600 | 601—700 | 701—800 | 801—900 |
| Krzem | 101—200 | 201—300 | 401—500 | 501—600 | 601—700 | 701—800 | 801—900 |

Tranzystory oznaczano symbolem składającym się z trzech elementów.

*Pierwszym elementem* jest litera П (półprzewodnikowa trioda).

*Drugim elementem* jest liczba jedno-, dwu- lub trzycyfrowa, określająca materiał, moc i częstotliwość graniczną tranzystora (tabl. 2.3).

Tablica 2.3

**Znaczenie liczb w radzieckich oznaczeniach tranzystorów**

| Zakres częstotliwości $f_\alpha$ | | mała ($\leqslant$ 5 MHz) | | duża (> 5 MHz) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Moc maksymalna $P_m$ | | $\leqslant$0,25 W | > 0,25 W | $\leqslant$0,25 W | > 0,25 W |
| Numery tranzystorów | germanowych | 1—100 | 201—300 | 401—500 | 601—700 |
| | krzemowych | 101—200 | 301—400 | 501—600 | 701—800 |

*Trzecim* nie zawsze występującym *elementem* jest litera określająca pewne różnice między poszczególnymi seriami tego samego typu tranzystora. Rozróżnia się np. tranzystory małej mocy, małej częstotliwości П-13, П-13А, П-13Б.

**Nowsze oznaczenia** radzieckie opierają się na jednolitym systemie klasyfikacyjnym elementów półprzewodnikowych: diod i tranzystorów.

Oznaczenia elementów składają się z czterech części:

*Pierwsza część* stanowi jedną literę lub cyfrę i odnosi się do materiału półprzewodnika. Literami oznacza się tranzystory zwyczajne, a cyframi — tranzystory do urządzeń przenośnych (odporne na wstrząsy). Znaczenie symboli jest następujące:

Г lub 1 — półprzewodnik germanowy,

K lub 2 — półprzewodnik krzemowy,
A lub 3 — półprzewodnik związku arsenu i galu.

*Drugą część* oznaczenia stanowią następujące litery, określające rodzaj (typ) elementu półprzewodnikowego:
Д — zwykła dioda,
И — dioda tunelowa,
С — dioda stabilizacyjna (Zenera),
А — dioda bardzo wielkiej częstotliwości,
Б — dioda pojemnościowa,
Ц — stosy i bloki prostownicze,
Т — tranzystor,
Ф — fotoelementy,
Н — elementy przełączające,
У — tyrystory.

*Trzecia część* oznaczenia składa się z liczby, zwykle trzycyfrowej. Określa ona właściwości i przeznaczenie elementu, a więc m.in. zakres częstotliwości i mocy.

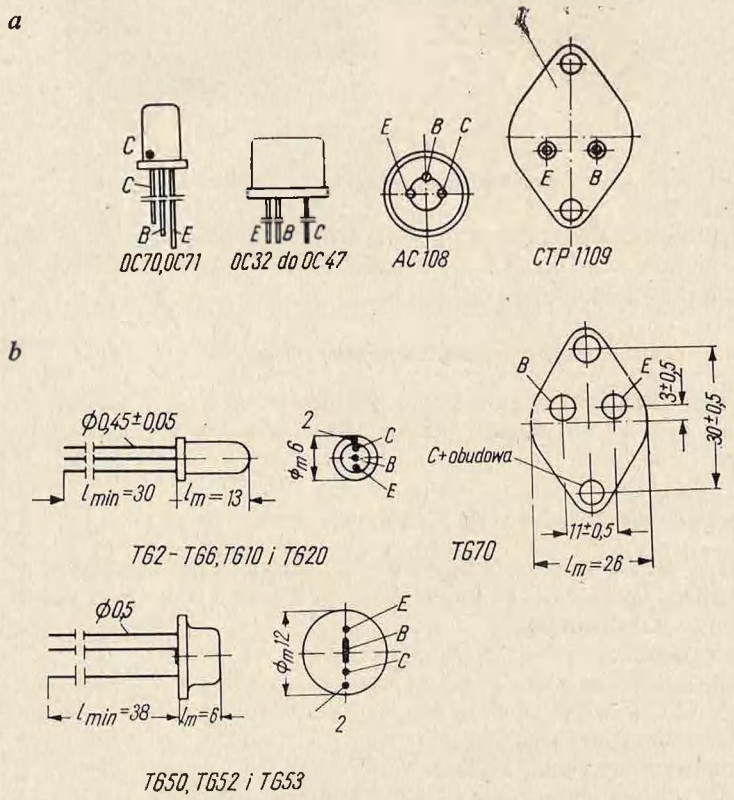
Znaczenia liczb są następujące:
— dla diod zwykłych (Д):
101—199 — prostownicze małej mocy,
201—299 — prostownicze średniej mocy,
301—399 — prostownicze dużej mocy,
401—499 — uniwersalne,
501—599 — impulsowe.
— dla diod b.w.cz. (А):
101—199 — mieszające,
201—299 — detektory wizji,
301—399 — modulacyjne,
401—499 — parametryczne,
501—599 — przełączające.
— dla tranzystorów (Т):
101—199 — małej mocy, m.cz.,
201—299 — małej mocy, średniej częstotliwości,
301—399 — małej mocy, w.cz.,
401—499 — średniej mocy, m.cz.,
501—599 — średniej mocy, średniej częstotliwości,
601—699 — średniej mocy, w.cz.,
701—799 — dużej mocy, m.cz.,
801—899 — dużej mocy, średniej częstotliwości,
901—999 — dużej mocy, w.cz.
— dla fotoelementów (Ф):
101—199 — fotodiody,
201—299 — fototranzystory.

*Czwartą część* oznaczenia stanowi nie zawsze występująca litera określająca kolejny typ lub serię danego wyrobu.



### 2.5.3.3. Oznaczenia elektrod na tranzystorach

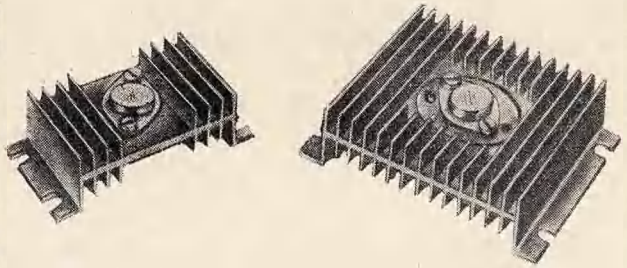
Ze względu na małe wymiary tranzystorów przeważnie nie stosuje się do tranzystorów specjalnych cokołów, jak do lamp elektronowych, lecz poszczególne elektrody zwykle wyprowadza się za pomocą cienkich i dość długich drucików. Spośród elektrod z zasady oznacza się tylko kolektor




Rys. 2.68. Przykłady tranzystorów
a — produkcji zachodniej, b — produkcji polskiej
*1* — kolektor i obudowa, *2* — czerwona kropka

za pomocą czerwonej kropki obok wyprowadzenia. Następne wyprowadzenie odnosi się do bazy, a najdalsze do emitera. Niektóre typy tranzystorów nie mają w ogóle oznaczonych elektrod i rozpoznaje się je według odległości wyprowadzeń. Z trzech wyprowadzeń kolektor jest bardziej oddalony niż emiter od środkowego przewodu bazy (rys. 2.68).

W tranzystorach dużej mocy kolektor jest połączony z obudową dla uzyskania lepszych warunków chłodzenia. Niekiedy tranzystory mocy montuje się dla zwiększenia powierzchni chłodzenia na radiatorach (rys. 2.69).



Rys. 2.69. Tranzystory mocy z radiatorem

Wyprowadzenia elektrod stanowią trójkąt. Przy zwróceniu w dół kolektora, tj. końcówki połączonej z masą, z pozostałych końcówek lewa jest bazą, a prawa emiterem.

#### 2.5.3.4. Parametry niektórych elementów półprzewodnikowych

W poniższej tablicy podano przykładowo parametry najczęściej stosowanych diod i tranzystorów polskich i niektórych zagranicznych (tabl. 2.4 i 2.5).

#### 2.5.3.5. Porównanie półprzewodników z lampami elektronowymi

Dzięki swym zaletom tranzystory wypierają z powodzeniem w wielu dziedzinach lampy elektronowe. Niemniej mają one jeszcze pewne wady w porównaniu z lampami.

Do najważniejszych zalet tranzystorów należą:

— małe zużycie energii i niskie napięcie zasilania,
— prostota układów zasilających na skutek mniejszych wymagań w stosunku do źródeł zasilania,
— małe wymiary i mały ciężar,
— możliwość miniaturyzacji układów tranzystorowych,
— duża wytrzymałość mechaniczna, a więc np. odporność na wstrząsy,
— duża trwałość działania, kilkakrotnie większa niż lamp.

W przeciwieństwie do lamp półprzewodniki nie wymagają podgrzewania w celu uzyskania emisji nośników ładunków elektrycznych. Napięcie zasilania tranzystorów wynosi od kilku do kilkunastu woltów; rzadko kilkadziesiąt woltów. Dzięki temu sprawność energetyczna tranzystorów jest znacznie większa niż lamp elektronowych.

Miniaturyzację układów umożliwia obok, małych wymiarów tranzystorów, przede wszystkim niskie napięcie zasilające. Wszystkie elementy, np. oporniki, kondensatory i transformatory, obliczone na małą moc, mogą



Tablica 2.4

**Parametry niektórych typów diod półprzewodnikowych**

| Nazwa diody | Typ | Produkcja | $I_{pm}$ mA | $I_w$ µA | $U_{wm}$ V | $f_{gr}$ MHz | Zastosowanie |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diody germanowe ostrzowe | DOG-31 | pol. | 16 | 8 | 10 | 100 | Diody w .cz. |
| | DOG-61 | ,, ,, | 16 | 200 | 10 | 100 | |
| | AAY-37 | ,, ,, | 110 | 45 | 25 | 100 | |
| | DOG-11 | ,, ,, | 16 | 100 | 30 | 100 | Diody uniwersalne |
| | DOG-12 | ,, ,, | 16 | 500 | 30 | 100 | |
| | DOG-51 | ,, ,, | 16 | 250 | 30 | 100 | |
| | DOG-52 | ,, ,, | 16 | 250 | 10 | 100 | |
| | DOG-53 | ,, ,, | 16 | 100 | 20 | 100 | |
| | DOG-55 | ,, ,, | 16 | 250 | 35 | 100 | |
| | DOG-58 | ,, ,, | 16 | 500 | 70 | 100 | |
| | DOG-22 | ,, ,, | 16 | 800 | 100 | 100 | |
| Diody germanowe warstwowe | DZG-1 | ,, ,, | 300 | 500 | 50 | 0,05 | Diody prostownicze średniej mocy |
| | DZG-2 | ,, ,, | 300 | 500 | 100 | | |
| | DZG-3 | ,, ,, | 300 | 500 | 150 | | |
| | DZG-4 | ,, ,, | 300 | 500 | 200 | | |
| | DZG-5 | ,, ,, | 100 | 300 | 250 | | |
| | DZG-6 | ,, ,, | 100 | 300 | 350 | | |
| | DZG-7 | ,, ,, | 100 | 300 | 400 | | |
| | Д-302 | radz. | 1000 | 800 | 200 | | |
| | Д-305 | ,, ,, | 10000 | 2500 | 50 | | |
| Diody krzemowe warstwowe | DK-63 | pol. | 600 | 10 | 100 | | Diody prostownicze średniej mocy |
| | DK-60 | ,, ,, | 600 | 10 | 300 | | |
| | DK-61 | ,, ,, | 600 | 10 | 500 | | |
| | DK-62 | ,, ,, | 600 | 10 | 700 | | |
| | BA-561 | ,, ,, | 500 | 10 | 100 | | |
| | BA-562 | ,, ,, | 500 | 10 | 300 | | |
| | BA-563 | ,, ,, | 500 | 10 | 500 | | |
| | BA-564 | ,, ,, | 500 | 10 | 700 | | |
| | Д-202 | radz. | 400 | 500 | 100 | | |
| | КД-202 И | ,, ,, | 1000 | 1000 | 300 | | |
| | КД-202 М | ,, ,, | 3000 | 1000 | 500 | | |
| | Д-247 | ,, ,, | 10000 | 3000 | 500 | | |
| planarna | BAY-55 | pol. | 115 | 0,05 | 50 | | Dioda w.cz. |

**Parametry niektórych**

| Typ tranzystora produkcji polskiej | Technologia | Wartości liczbowe | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $U_{CEm}$ V | $U_{CBm}$ V | $I_{Cmm}$ mA | $I_{CBO}$ μA | $P_m$ mW | $\beta$ | $f_\alpha$ MHz |
| TG 2 | stopowa | 15 | 15 | 50 | ⩽15 | 50 | 20—80 | ⩾0,6 |
| TG 3 | „ „ | 15 | 15 | 50 | ⩽15 | 50 | 75—130 | ⩾1 |
| TG 4 | „ „ | 15 | 15 | 50 | ⩽15 | 50 | 20—50 | ⩾0,6 |
| TG 5 | „ „ | 30 | 30 | 50 | ⩽15 | 50 | 20—80 | ⩾0,8 |
| TG 10 | stop-dyfuz. | 15 | 15 | 10 | ⩽10 | 50 | 20—130 | ⩾3 |
| TG 20 | „ „ | 15 | 15 | 10 | ⩽10 | 50 | 20—225 | ⩾7 |
| AF 426 | „ „ | 20 | 20 | 10 | 1,5 | 50 | 30—75 | ⩾40 |
| AF 429 | „ „ | 20 | 20 | 10 | 1,5 | 50 | 30—75 | ⩾30 |
| AF 515 | mesa | 15 | 25 | 10 | ⩽10 | 30 | ⩾10 | ⩾100 |
| TG 50 | stopowa | 30 | 30 | 300 | 20 | 175 | 30—120 | ⩾0,3 |
| TG 51 | „ „ | 60 | 60 | 300 | 20 | 175 | 15—120 | ⩾0,3 |
| TG 52 | „ „ | 30 | 30 | 300 | 20 | 175 | 15—120 | ⩾0,3 |
| TG 53 | „ „ | 15 | 15 | 300 | 20 | 175 | 30—120 | ⩾0,3 |
| AD 365 | „ „ | 15 | 30 | 1500 | 50 | 500 | 12—120 | ⩾0,1 |
| AD 366 | „ „ | 30 | 60 | 1500 | 50 | 500 | 12—120 | ⩾0,1 |
| BF 504 | mesa | 15 | 15 | 50 | 0,5 | 250 | ⩾10 | 100 |
| BF 505 | „ „ | 30 | 30 | 50 | 0,5 | 250 | ⩾10 | 100 |
| BF 506 | „ „ | 45 | 45 | 50 | 0,5 | 250 | ⩾10 | 100 |
| BF 520 | epi-plan. | 30 | 30 | 200 | 0,5 | 300 | 20—300 | ⩾150 |
| TG 70 | stopowa | 30 | 30 | 3000 | 100 | 5000 | 16—120 | ⩾0,1 |
| TG 71 | „ „ | 20 | 20 | 3000 | 100 | 5000 | 16—120 | ⩾0,1 |
| TG 72 | „ „ | 60 | 60 | 3000 | 100 | 5000 | 16—120 | ⩾0,1 |
| BUY 52 | mesa | 70 | 120 | 5000 | ⩽5000 | 2–10W[1] | ⩾10 | ⩾10 |
| BUY 53 | „ „ | 50 | 80 | 5000 | ⩽4000 | „ „ | ⩾20 | ⩾10 |
| BUY 54 | „ „ | 30 | 40 | 5000 | ⩽3000 | „ „ | ⩾20 | ⩾10 |

[1]) W zależności od warunków chłodzenia



Tablica 2.5

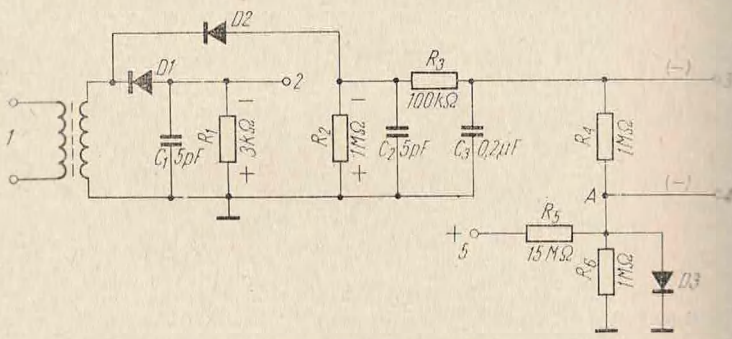
**typów tranzystorów**

| Odpowiedniki radzieckie | Odpowiedniki firmy RFT (NRD) | Odpowiedniki firmy Telefunken (NRF) | Zastosowania |
|---|---|---|---|
| ГТ 108 А | GC 100—101 | OC 602 | Tranzystory typu *p-n-p* małej mocy do wzmacniaczy m.cz |
| ГТ 108 Г | GC 100 | OC 603 | |
| ГТ 108 Б | GC 101 | OC 602 | |
| ГТ 108 В | GC 117 | OC 604 | |
| П 401—402 | | OC 612 | Tranzystory typu *p-n-p* majej mocy do generatorów i wzmacniaczy p.cz. i w.cz. |
| П 401—402 | | OC 612—613 | |
| ГТ 322 | AF 136 | GF 127, GF 131 | |
| П 401—402 | | OC 614 | |
| ГТ 313 | GF 141 | AF 178 | |
| П 14, Мп 25 1Т 403 | GC 122 | AC 116, OC 602 | Tranzystory typu *p-n-p* średniej mocy do wzmacniaczy m.cz. |
| П 25, Мп 25, 1Т 403 | GC 111—112 GC 123 | | |
| П 14, Мп 25, 1Т 403 | GC 122 | OC 602 sp, AC 116 | |
| П 13, П, 15 Мп 39, Мп 41 | GC 115—118 GC 120—121 | OD 602 sp | |
| | GD 120 | AD 155 | |
| | GD 125, GD 130 | AD 152, OD 603/50 | |
| | | | Tranzystory typu *n-p-n* średniej mocy do generatorów i wzmacniaczy p.cz. i w.cz. |
| | | | |
| | | | |
| KT 312 | | | |
| П 4 В, П 201 | GD 170, GD 175 | OD 603, AD 139 | Tranzystory typu *p-n-p* dużej mocy do wzmacniaczy m.cz. |
| П 201, П 213 А | GD 150, GD 160 | | |
| П 4 Б, П 202, П 203 | GD 180 | | |
| | | | Tranzystory typu *n-p-n* dużej mocy do wzmacniaczy p.cz. i m.cz. |
| | | | |
| | | | |

przy słabych sygnałach, wzmacniacz w.cz. daje duże wzmocnienie, to szumy własne odbiornika nie odgrywają istotnej roli.

Z tego względu często stosuje się układy ARW, które nie regulują wzmocnienia wzmacniacza p.cz. w całym zakresie wartości sygnałów wejściowych. Natomiast napięcie regulacyjne doprowadza się do wzmacniacza w.cz. dopiero po przekroczeniu pewnej wartości. Taki układ ARW nazywa się regulacją z progiem działania lub też z działaniem opóźnionym (rys. 9.19).

Układ ten różni się od układu z prostowaniem szczytowym (rys. 9.18)




Rys. 9.19. Układ ARW z opóźnieniem

*1* — od wzmacniacza p.cz., *2* — do wzmacniacza wizji, *3* — napięcie ARW nie opóźnione, *4* — napięcie ARW opóźnione, *5* — z zasilacza

tylko dodaniem układu ograniczającego, złożonego z diody pomocniczej *D3* oraz zespołu oporników $R_4$, $R_5$ i $R_6$.

Napięcie ARW nie opóźnione wyprowadza się z opornika $R_2$ przez filtr wygładzający $R_3C_3$. Napięcie regulacyjne opóźnione wyprowadza się z dzielnika napięć $R_4$ i $R_6$, przy czym rolę ogranicznika napięcia spełnia dioda D3.

Dioda ta jest spolaryzowana dodatnio (w kierunku przewodzenia) za pomocą napięcia dodatniego doprowadzanego z zasilacza przez opornik $R_5$. Opór diody jest mały. Zwiera więc ona punkt *A*, z którego jest wyprowadzone opóźnione napięcie ARW do masy. Dopiero po przekroczeniu przez potencjał ujemny, doprowadzony przez opornik $R_4$ do punktu *A*, wartości dodatniego napięcia polaryzującego, dioda zostaje zatkana, a jej opór staje się bardzo duży; nie zwiera ona już punktu *A* do masy wskutek czego zaczyna działać ujemne napięcie ARW wyprowadzone z tego punktu.

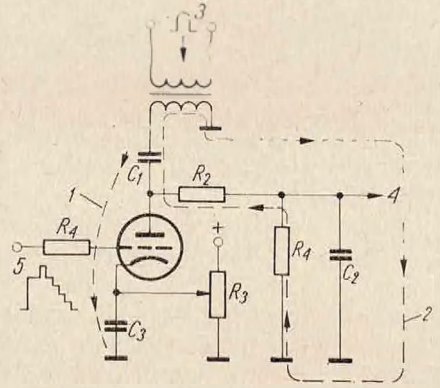
Wysokość progu działania ARW dobiera się za pomocą napięcia dodatniego doprowadzonego bezpośrednio do diody *D3*. Napięcie to ustala się przez odpowiedni dobór oporników dzielnika napięć $R_5$ $R_6$.

#### 9.1.8.5. „Kluczowany" układ ARW

Kluczowany układ ARW stosuje się w nowoczesnych odbiornikach telewizyjnych. Nowe odbiorniki polskiej produkcji („Wawel", „Szmaragd", „Klejnot" i następne typy) są wyposażone w kluczowany układ ARW. Układ



ten odznacza się przede wszystkim małą czułością na zakłócenia. Jego działanie (rys. 9.20) polega na zastosowaniu dodatkowej lampy elektronowej, zwykle triody. Nie stosuje się w nim z reguły oddzielnej triody, lecz łączy się ją z lampą wzmacniacza wizji. Wzmacniacz wizji wraz z układem ARW jest zatem skonstruowany na jednej lampie kombinowanej, triodzie — pentodzie (np. PCL 85), w której pentoda jest stosowana do wzmacniania wizji, a trioda — do wytwarzania napięcia ARW.




Rys. 9.20. Zasada działania układu kluczowanego ARW

*1* — przebieg prądu ładowania kondensatora $C_1$, *2* — przebieg prądu rozładowania kondensatora $C_1$, *3* — z transformatora odchylania poziomego, *4* — napięcie regulacyjne ARW, *5* — z anody wzmacniacza wizji

Trioda jest sterowana całkowitym sygnałem wizji z wyjścia wzmacniacza wizji. Ujemne napięcie polaryzujące siatkę jest doprowadzane z regulowanego opornika katodowego $R_3$, który jest zasilany napięciem dodatnim z zasilacza. Opornik ten dobiera się tak, by potencjał dodatni odpowiednio wysoki względem potencjału siatki spowodował zatkanie lampy. Lampa powinna być odtykana tylko impulsami synchronizującymi.

Lampa nie ma na stałe doprowadzonego napięcia anodowego; zamiast tego anoda jest połączona z wyprowadzeniem generatora napięcia odchylania poziomego. W ten sposób napięcie anodowe jest doprowadzone na lampę impulsowo w chwilach pojawiania się impulsów synchronizujących na siatce sterującej.

Impulsy odchylania poziomego doprowadzone do anody lampy noszą nazwę impulsów kluczujących. Spełniają one rolę pomocniczą; umożliwiają bowiem przepływ prądu anodowego tylko w czasie trwania impulsów synchronizujących. W razie pojawienia się na siatce w przerwie pomiędzy impulsami synchronizującymi silnego impulsu zakłócającego, prąd anodowy nie płynie mimo odetkania przez impuls lampy, gdyż brak jest napięcia anodowego. Tym właśnie tłumaczy się odporność układu na zakłócenia.

Impulsy odchylania poziomego są doprowadzone do anody lampy przez kondensator $C_1$ o niedużej pojemności rzędu kilku nF. Kondensator ten

Cena zł 50.–