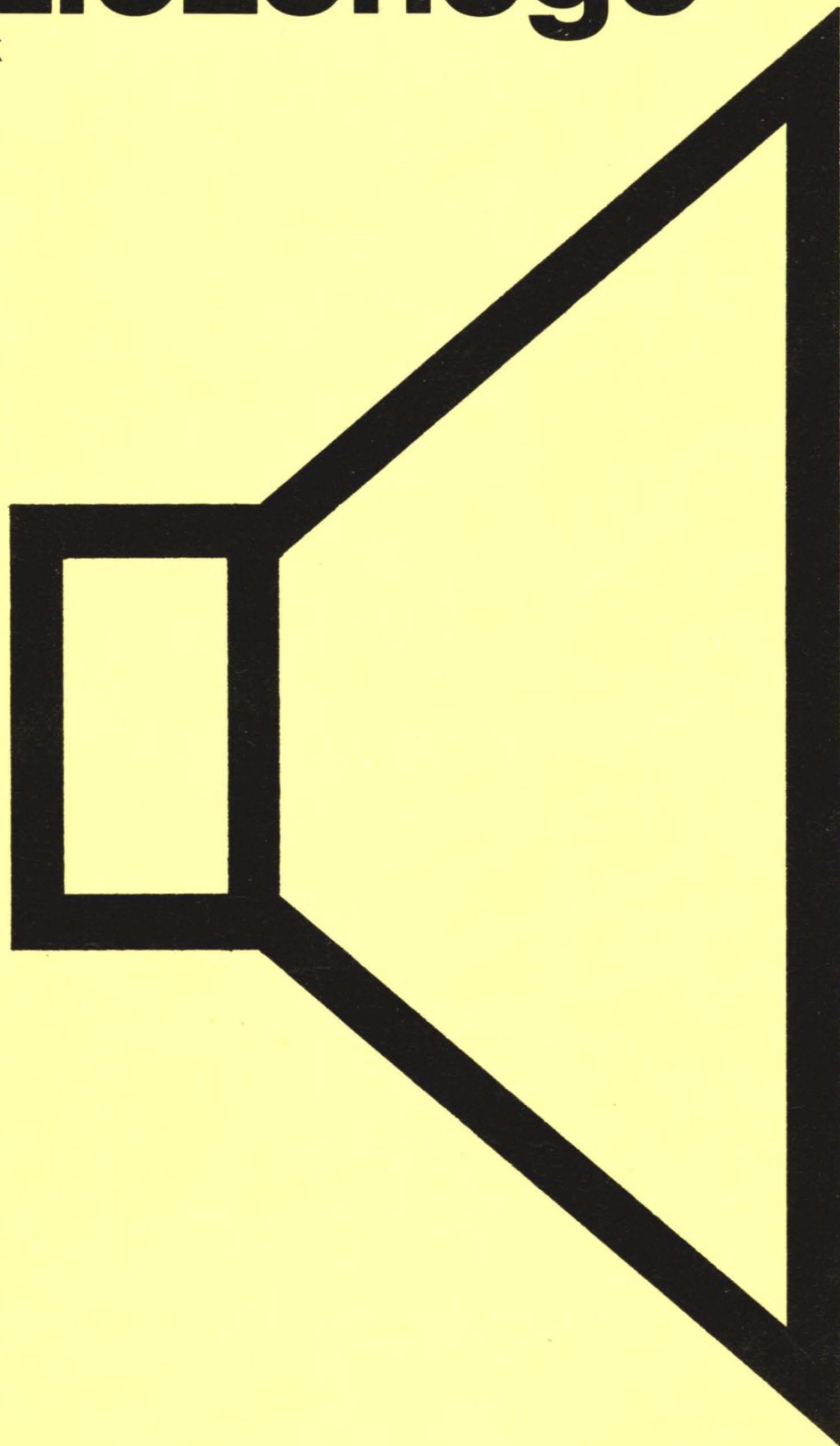


Radio od prostego do złożonego

Witold Kozak



Zrób to sam

Młodzieżowa Agencja
Wydawnicza

Radio od prostego do złożonego

Witold Kozak

© Copyright by Młodzieżowa Agencja Wydawnicza, Warszawa 1980 r.

ISBN 83-203-0206-4

Książkę, którą trzymasz, Czytelniku, w ręku, napisałem dla początkujących miłośników radiotechniki. Wprawdzie radio towarzyszy nam od najwcześniejszych lat życia, ale poznanie jego tajników jest możliwe dopiero po kilku latach nauki szkolnej. Samodzielne eksperymentowanie, konstruowanie aparatów, które „same mówią”, jest pasjonujące i pouczające. Daje duże możliwości rozwijania zainteresowań technicznych i twórczego wyżycia się.

Obserwacje rozwijającego się ruchu radioamatorskiego pozwalają stwierdzić, że w bardzo wielu przypadkach zamiłowanie do radiotechniki prowadzi do samodzielnego, długoletniego uprawiania krótkofalowej amatorskiej łączności radiowej.

Kierunków i tematów prac radioelektronicznych jest bardzo wiele, lecz pierwsze kroki, początkowe konstrukcje, zazwyczaj dotyczą najprostszyc

urządzeń radiowych. Niemal każdy doświadczony krótkofalowiec, posiadający licencję i własną radiostację, z przyjemnością wspomina wzruszenia, jakich doznawał przy odbiorze pierwszych audycji z własnoręcznie wykonanego „detektorka”.

Uważam, że w dążeniu do osiągnięcia założonych celów najsluszniej jest kroczyć drogą od pojęć prostych do złożonych. Jest to sprawdzona zasada, którą warto stosować przyswajając sobie elementarz radioelektroniki.

Dlatego w tej książce kierowałem się zasadą stopniowania trudności wprowadzając przy tym definicje najważniejszych pojęć i zasad radioelektroniki. Proponuję wykonywanie prostych prac konstrukcyjno-montażowych. Podaję również wskazówki dotyczące sposobu posługiwania się językiem radioelektroniki — symbolami graficznymi. Staralem się tak

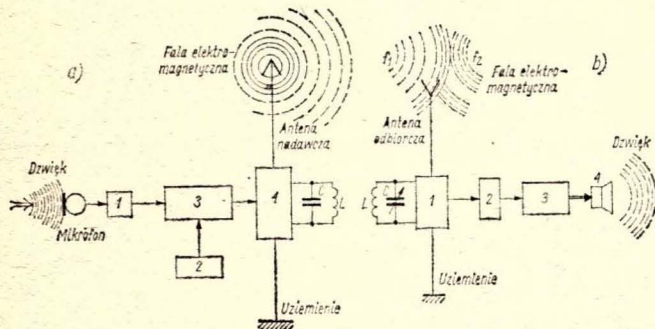
dobrac propozycje schematów różnych odbiorników, aby każdy mógł znaleźć najodpowiedniejsze dla siebie rozwiązania techniczne. Każdy początkujący radioelektronik powinien kolejno budować radia „od prostych do złożonych”, bo tylko w ten sposób osiągnie dobre rezultaty i będzie przygotowany do dalszego rozwijania swoich uzdolnień. Kto już wcześniej samodzielnie budował najprostsze radioodbiorniki, niech wybierze dla siebie właściwe trudniejsze tematy konstrukcyjno-montażowe. Pamiętać trzeba o tym, że funkcje każdego układu należy najpierw poznać i zrozumieć.

Spodziewam się, że ta książka zachęci dociekliwych do sięgania po literaturę uzupełniającą, a innym zaś wystarczy do poprawnego montowania uproszczonych układów elektronicznych. Powodzenia!

Autor

1. WSTĘPNE WIADOMOŚCI O RADIOKOMUNIKACJI

Często posługujemy się wyrazem radio. Pochodzi on z łacińskiego *radius* — promień, gdyż radio to, najogólniej biorąc, przesyłanie sygnałów przez promieniowanie. Łączność radiowa, czyli radiokomunikacja, polega na wykorzystaniu energii promienistej, mającej zdolność rozprzestrzeniania się. Badaniem własności tej energii, nazywanej też falami elektromagnetycznymi (w zaraniu rozwoju radia używano określenia fale eteru), zajmuje się jeden z działów fizyki. Zasady przekazywania audycji radiowych ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Zasady nadawania i odbioru audycji radiowych: a) — urządzenie nadawcze: 1 — wzmacniacz sygnałów mikrofonowych, 2 — generator drgań w. cz., 3 — modulator, 4 — wzmacniacz końcowy, LC — obwód rezonansowy stały nadajnika; b) — urządzenia odbiorcze: LC — obwód rezonansowy strojony, 1 — wzmacniacz wstępny, 2 — detektor (demodulator), 3 — wzmacniacz końcowy m. cz., 4 — głośnik.

Fale elektromagnetyczne znajdują się w otaczającej nas przestrzeni. Pewien rodzaj tych fal nazywano radiowymi, inny telewizyjnymi, a jeszcze inny radarowymi. Z nazw tych wynika, że potocznie fale nazywamy w zależności od ich praktycznego wykorzystania. Trzeba też wiedzieć, że w fizyce i radiokomunikacji stosuje się bardziej ścisły podział fal zależnie od ich długości (w metrach) czy też na podstawie innej cechy tych fal — częstotliwości mierzonej w hercach (Hz).

Między długością fali elektromagnetycznej (symbol λ) a częstotliwością drgań (f) oraz prędkością rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w przestrzeni (c), w przybliżeniu równej prędkości światła tj. 300 000 km/s, zachodzi następująca zależność matematyczna:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Gdy znana jest częstotliwość drgań elektromagnetycznych promieniowanych z anteny (np.

30 MHz, czyli 30 000 000 Hz), obliczymy długość fali podstawiając dane do wzoru:

$$\frac{300\,000\,000 \text{ m/s}}{30\,000\,000 \text{ Hz}} = 10 \text{ m}$$

(długość fali wynosi 10 metrów).

Nasze zainteresowanie ograniczymy do fal radiowych, których długość wynosi od kilku do kilku tysięcy metrów. W radiotechnice fale te dzielą się na zakresy: fale długie, średnie, krótkie i ultrakrótkie.

W różnych krajach działa wiele stacji radiowych. Często słyszy się powiedzenie, że w „eterze panuje duży tłok”. Fale radiowe rozchodzą się w przestrzeni otaczającej Ziemię, nie znają więc granic między państwami. Okoliczność ta dodaje atrakcyjności radiofonii, ponieważ daje możliwość odbywania w dowolnej chwili podróży na falach eteru. Dokładny podział zakresów fal stosowanych w radiofonii podajemy w tabeli:

zakresy	długość fal (m)	częstotliwość
długie	2000—1050	150 kHz—235 kHz
średnie	500—185	535 kHz—1605 kHz
krótkie	50—16,5	6 MHz—18,1 MHz
ultrakrótkie	4,55—4,12	66 MHz—73 MHz
UKF — FM		88 MHz—108 MHz

Natomiast w następnej tabeli zestawiono zakresy fal elektromagnetycznych stosowanych w radiokomunikacji i telewizji według podziału dziesiątego przyjętego przez Międzynarodowy Regulamin Radiokomunikacyjny.

zakresy	oznaczenie literowe	długość fal (m)	częstotliwość
miriametrowe	VLF	100000—10000	3—30 kHz
kilometrowe	LF	10000—1000	30—300 kHz
hektametrowe	MF	1000—100	300—3000 kHz
metrowe	VHF	10—1	30—300 MHz
decymetrowe	UHF	1—0,1	300—3000 MHz
centymetrowe	SHF	0,1—0,01	3—30 GHz
milimetrowe	EHF	0,01—0,001	30—300 GHz
decymilimetrowe	—	0,001—0,0001	300—3000 GHz

Zwykle w praktyce radiotechnicznej poszczególne zakresy dzieli się jeszcze na pasma.

Każdy zakres fal ma określone właściwości. Na pewno zaobserwowaliście nieraz, iż odbiór fal długich nie ulega zasadniczym zmianom w ciągu dnia lub nocy. Inaczej jest z falami średnimi. Daleka łączność jest możliwa wieczorem i nocą, zaś w dzień ich zasięg jest ograniczony.

Fale krótkie mają ciekawą właściwość odbijania się od jonosfery (podobnie jak promienie światła odbijają się od lustra). Odbite od jonosfery fale trafiają na powierzchnię Ziemi i mogą ponownie odbijać się wielokrotnie, a przez to docierać na bardzo duże odległości. Zasięg bezpośredni na falach krótkich jest mały, gdyż ich przyziemne promieniowanie jest pochłaniane, zaś odbite fale przebywają bez większych strat przestrzenie międzykontynentalne.

W zakresie fal krótkich wydzielone są pasma dla łączności amatorskiej, zwanej krótkofalarską. Warunki odbioru na tych falach zmieniają się tak z porą roku, jak i z porą doby. Różnica jest znaczna w obrębie całego zakresu, bo poszczególne pasma dają o tej samej porze doby różne zasięgi. Przykładowo, w paśmie 21—25 m lepsza jest zazwyczaj dalekosiężna łączność w dzień, natomiast w paśmie 80 m — w nocy.

Wspomniane zjawisko wynika z faktu, że warstwy jonosferyczne otaczające kulę ziemską nie są stałe, zmieniają bowiem swoją strukturę pod wpływem promieniowania słonecznego i innych czynników, a także odległość od powierzchni Ziemi wynoszącą od 50 do 600 km.

Wymienione czynniki, które można nazwać żartobliwie kaprysmi jonosfery, wpływają na niestabilność odbioru w zakresie fal krótkich.

Fale radiowe metrowej długości (ultrakrótkie) zachowują się jeszcze inaczej. Wykorzystuje się je do celów radiofonii i telewizji w zakresie promieniowania powierzchniowego (przyziemnego). Zasięg odbioru w paśmie fal ultrakrótkich odpowiada w przybliżeniu horyzontowi optycznemu, zgodnie z zasadą, że antena odbiorcza musi „widzieć” antenę nadawczą. Łączność na falach ultrakrótkich jest wolna od zakłóceń atmosferycznych.

W tym miejscu, być może, wielu z was stawia sobie pytanie, jak to się dzieje, że jeden radioodbiornik może „łapać” różne fale?

Dzieje się tak dzięki wykorzystaniu w łączności radiowej ciekawego zjawiska fizycznego, zwanego rezonansem elektromagnetycznym.

W każdym nadajniku, a także w odbiorniku radiowym, jednym z ważniejszych członów jest obwód rezonansowy, który pozwala praktycznie wykorzystywać zjawisko rezonansu elektromagnetycznego. Podstawowe części obwodu rezonansowego stanowią: zwojnica (cewka) i kondensator elektryczny. Zmieniając wielkości fizyczne tych elementów, można zmieniać parametry elektryczne obwodu. Zmiany tych parametrów nazywamy strojeniem albo dostrajaniem obwodu rezonansowego.

Fale radiowe w łączności bezprzewodowej spełniają tylko pomocniczą rolę transportową. Służą do „transportu sygnałów elektrycznych” — dźwięków mowy lub muzyki. Zastosowano tu modulację fal, polegającą na „nakładaniu” sygnału użytecznego na falę nośną, tworzącą zmodulowany sygnał radiowy. W nadajniku znajduje się mikrofon, a w odbiorniku słuchawka, które spełniają ważne role. Wiadomo bowiem, że zmysły ludzkie bezpośrednio na fale radiowe są niewrażliwe. Aby więc można było korzystać z urządzeń łączności radiowej, konieczne jest stosowanie przetworników elektroakustycznych — mikrofonu, który zamienia drgania powietrzne — dźwięk — w sygnały elektryczne, następnie przetwarzane w urządzeniach nadawczych.

Nadajnik radiowy jest skomplikowanym urządzeniem radioelektronicznym i jego budowy nie będziemy tu omawiać, zajmiemy się natomiast zasadami budowy i działania radioodbiorników.

Na początku postarajmy się możliwie najprostszymi środkami technicznymi odebrać audycję radiową.

Aby „złowić” rozproszone w przestrzeni fale radiowe, należy posłużyć się anteną wraz z obwodem rezonansowym i uziemieniem. W obwodzie rezonansowym fale elektromagnetyczne przetwarzają się w słabe prądy szybkozmienne, w których jest zawarte również elektryczne odzwierciedlenie audycji (informacji dźwiękowej).

Fale elektromagnetyczne, jak już wcześniej wspomniano, służą do bardzo szybkiego „transportu” (przenoszenia) sygnałów mowy lub

muzyki. W każdym radioodbiorniku trzeba więc zastosować odpowiednie układy służące do wydzielenia z fali nośnej (czyli prądów wielkiej częstotliwości — skrót w.cz.) właściwego użytecznego sygnału. Zadanie to w najprostszym rozwiązaniu spełnia detektor (wykrywacz) diodowy. Właściwy proces elektryczny, występujący w obwodzie detektora, nazwano detekcją (inaczej demodulacją).

Każda radiostacja musi być wyposażona w antenę nadawczą, dostosowaną do długości promieniowanej fali. Służy ona do wysyłania w przestrzeń energii w postaci drgań wielkiej częstotliwości. Energia ta doprowadzana jest z nadajnika, a od anteny nadawczej rozchodzi się w postaci fali radiowej. Również w każdym radioodbiorniku niezbędna jest antena odbiorcza. Klasyczne anteny odbiorcze są obecnie bardzo rzadko stosowane, zastępuje się je niekiedy antenami pokojowymi, a najczęściej antenami wewnętrznymi zainstalowanymi w aparacie.

W pierwszym dziesięcioleciu rozwoju radiofonii w naszym kraju (jeżeli przyjąć za jej początek uruchomienie radiostacji Polskiego Radia w Raszynie pod Warszawą — 18 kwietnia 1926 roku) rozpowszechnione były aparaty detektorowe. Następny okres to burzliwy rozwój elektroniki lampowej, która dominowała przez dalsze ćwierć wieku.

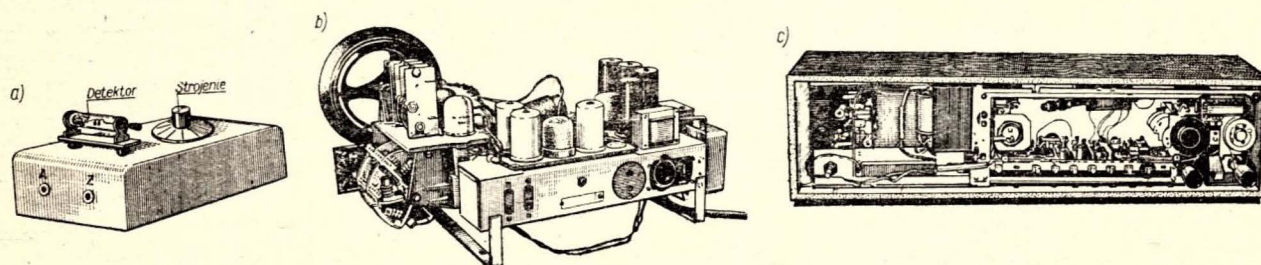
tach pięćdziesiątych, wyróżniały się dobrą selektywnością, dużą czułością oraz zadowalającą jakością brzmienia audycji. Posiadają zakresy fal długich, średnich i trzy podzakresy fal krótkich.

Przykładem nowoczesnych kierunków rozwoju aparatury radiowej może być odbiornik pokazany na rysunku 2 c. Jest to tranzystorowo-lampowy układ odbiornika krajowej produkcji posiadającego zakresy fal długich, średnich (dwa podzakresy), krótkich (dwa podzakresy) i UKF.

Zrozumiałe jest, że wraz z rozwojem techniki radioodbiornej komplikowała się konstrukcja aparatów.

Przegląd przykładowych konstrukcji pozwala na zorientowanie się, jak przebiegało doskonalenie popularnych urządzeń radioodbiornych, poczynając od najprostszego odbiornika — detektorowego. Odegrał on istotną rolę w rozpowszechnianiu radiofonii, bo nie wymagał energii elektrycznej do zasilania; obecnie detektoriki budujemy w ramach ćwiczeń.

Okres, w którym żyjemy, charakteryzuje się masowym zastosowaniem tranzystorów, ale jesteśmy już świadkami dalszego etapu rozwoju elektroniki — rozpowszechniania układów sca-



Rys. 2. Porównanie rozwoju konstrukcji radioodbiorników użytkowych: a) detektorowy odbiornik z lat 1930—36, b) odbiornik lampowy — superheterodynowy, produkcja 1950—

—60, c) lampowo-tranzystorowy odbiornik superheterodynowy z anteną ferrytową i z zakresem UKF, produkcja 1975—77.

Obecnie wszechwładnie panuje elektronika półprzewodnikowa. Porównajmy trzy urządzenia radioodbiorne — aparaty powszechnego użytku produkowane przez przemysł w różnych okresach rozwoju techniki radiowej. Pierwszy, pokazany na rysunku 2 a, to popularny w kraju w latach trzydziestych detefon — detektorowy odbiornik na słuchawki, w którym zastosowano półprzewodnikowy kryształ galenu (siarczku ołowiu) z ustawianym punktem czułym.

Kolejny przykład konstrukcji radioodbiornika pokazany na rysunku 2b poprzedziła cała era — dwa dziesięciolecia rozwoju radia. Aparat ten przedstawia już rozwiązanie doskonałe — lampową wieloobwodową superheterodynę. Odbiorniki tego typu, produkowane w la-

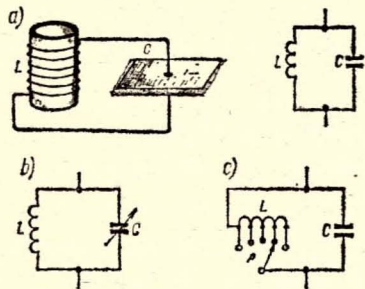
lonych. Dąży się do jak największego scalania elementów w jednym zminiaturyzowanym zestawie w kształcie kostki, mającej szereg końcówek służących do wyprowadzenia połączeń z obwodów wewnętrznych. Układy scalone zastępują wiele elementów pojedynczych (diod, tranzystorów). Dzięki temu uzyskuje się ogromne oszczędności materiałowe i przestrzenne.

Rozwój radiofonii idzie w dwóch kierunkach: a) doskonalenia urządzeń radioodbiornych powszechnego użytku, dzięki wykorzystaniu nowych wyrobów elektronowych, b) podnoszenia jakości zespołu sygnałów elektroakustycznych, przesyłanych drogą radiową, przez wprowadzenie dwóch kanałów (dla lewego i prawego ucha) — stereofonii.

2. PIERWSZE SAMODZIELNE EKSPERYMENTY

Na przykładzie najprostszego aparatu można poznać zasady funkcjonowania podstawowych elementów znajdujących się w każdym radiodbiorniku.

Na początku trzeba samodzielnie wykonać ważny podzespół radia — obwód rezonansowy. Umożliwia on strojenie radiodbiornika, a jego części składowe to cewka (zwojnica) i kondensator, pokazane schematycznie na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat obwodów rezonansowych i sposoby ich strojenia: a) obwód rezonansowy LC — wygląd cewki i kondensatora stałego płaskiego oraz schemat ideowy obwodu równoległego, b) schemat obwodu o regulowanych parametrach za pomocą kondensatora zmiennego, c) obwód rezonansowy o regulowanej indukcyjności cewki.

Zacząć trzeba od wykonania cewki indukcyjnej o określonych własnościach fizycznych. Jak wiadomo, jej główną cechą jest indukcyjność, którą można matematycznie obliczać lub mierzyć za pomocą specjalnych przyrządów. Cewkę należy wykonać zgodnie z opisem.

Zwojnica składa się z korpusu i uzwojenia wykonanego z drutu miedzianego pokrytego emalią izolacyjną. Średnica drutu nawojowego może wynosić 0,12—0,25 mm. Kształt korpusu cewki nie ma istotnego znaczenia. Nadają się więc do jego wykonania rurki izolacyjne, pudełka plastikowe lub nawet pudełko od zapalek. Zwoje drutu nawijają się jeden przy drugim i tak powstaje cewka jednowarstwowa. W zwojnicy o takiej konstrukcji wykonać trzeba odprowadzenia pozwalające na doświadczenia dobieranie potrzebnej indukcyjności.

Drugim ważnym elementem obwodu rezonansowego jest kondensator elektryczny o regulowanej pojemności, który umożliwia dokładniejsze dostrojenie obwodu do częstotliwości, albo inaczej — długości fali wytwarzanej przez radiostację. Istotną cechą kondensatora jest jego pojemność, która zależy od powierzchni płytek (okładek) i odległości między nimi.

Zastępczy kondensator możemy wykonać z cienkiej blachy (np. aluminiowej, mosiężnej lub nawet z puszek po konserwach) i przekładki izolacyjnej z cienkiej folii plastikowej.

Pojemność kondensatora wzrasta w dwóch wypadkach: kiedy zwiększymy powierzchnię płyt lub gdy zmniejszymy odległość między nimi. Orientacyjnie można przyjąć, że przy wymiarach płyt 250×150 mm i przy odległości między nimi równej grubości kartki z zeszytu maksymalna pojemność wyniesie 400—450 pF.

Do obwodu rezonansowego można również włączyć kondensator o zmiennej pojemności, produkcji przemysłowej, dowolnego typu.

Aby zbudować elektryczny obwód rezonansowy, należy połączyć końce cewki indukcyjnej z okładkami

kondensatora. Za pomocą tego obwodu, zmieniając pojemność kondensatora, można stroić odbiornik. Strojenie można wykonać przez zmianę pojemności lub indukcyjności cewek. Oczywiście cewka o regulowanej indukcyjności musi mieć odpowiednią konstrukcję.

Od czego zależy indukcyjność cewki? Z praw fizyki wynika, że wzrasta ona wraz ze zwiększaniem liczby zwojów lub średnicy cewki.

Cechą charakterystyczną obwodu rezonansowego jest częstotliwość drgań własnych. Zależy ona od wielkości elementu indukcyjnego — cewki (L) i elementu pojemnościowego — kondensatora (C), a wyrazić ją można wzorem:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Ze wzoru wynika, że częstotliwość rezonansowa (f_0) obwodu (L-C), będzie tym mniejsza, im większe będą pojemność i indukcyjność włączone do tego obwodu.

Wiemy, że okres drgań T jest wielkością odwrotną

do częstotliwości: $T = \frac{1}{f_0}$, zatem $T = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$;

gdzie L w henrach, C w faradach. Z przedstawionych zależności można wysnuć następujące wnioski: im większa będzie pojemność C, tym większy ładunek elektryczny (przy danym napięciu) wchłonie kondensator, a przez to dłuższy będzie czas jego ładowania. Im większa będzie zaś indukcyjność cewki L, tym wolniej zachodzi w niej narastanie i zanikanie prądu (zjawisko bezwładności elektrycznej), a tym samym — maleje częstotliwość drgań własnych obwodu.

Za pomocą podanych wzorów, znając parametry cewki oraz pojemność kondensatora, można obliczyć częstotliwość rezonansową (własną) obwodu drgającego. Pamiętać należy o wstawianiu do wzoru właściwych jednostek. Okres T obliczymy, przyjmując przykładowo C = 1000 pF, L = 1000 μH. Podstawiamy do wzoru*:

$$T = 6,28 \sqrt{\frac{10^3 \cdot 10^3}{10^6 \cdot 10^{12}}} = \frac{6,28}{10^6} = 0,0000628 \text{ s}$$

Tyle wynosi okres drgań obwodu rezonansowego o przyjętych parametrach. Aby obliczyć częstotliwość drgań własnych tego obwodu, skorzystamy ze wzoru:

$$f_0 = \frac{1}{T} = 1 : 0,0000628 \approx 159 \cdot 10^3 \text{ okr./s} = 159 \text{ kHz}$$

Obliczcie teraz samodzielnie: na jaką długość fali będzie nastrojony ten obwód rezonansowy?

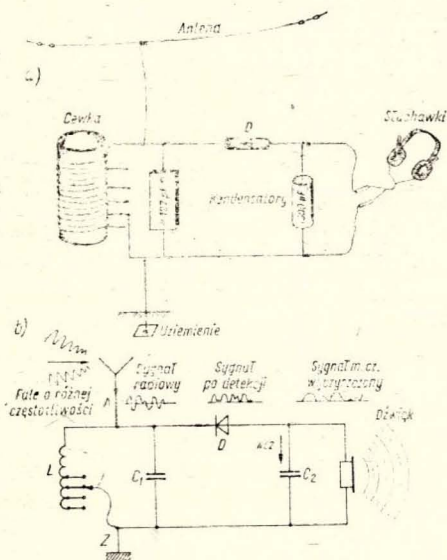
(Skorzystajcie ze wzoru: $\lambda = \frac{C}{f}$, gdzie: λ w metrach,

C w km/s, zaś f w kHz).

* Uwaga! do wzoru podstawiamy C w faradach, a L w henrach, trzeba podane wielkości odpowiednio przekształcić.

Dociekliwym radioamatorom proponujemy obliczenie elementu obwodu rezonansowego dla pasma amatorskiego 80 m. Częstotliwość drgań własnych obwodu — 3.5 MHz. Pojemność kondensatora strojeniowego $C_r = 5 \text{ pF}$ (w praktyce stosuje się kondensatory stroikowe: $C_{\min} = 3 \text{ pF}$, $C_{\max} = 15 \text{ pF}$). Wartość pojemności trzeba wyrazić w jednostkach podstawowych (F). Wzór podstawowy należy przekształcić na okres drgań własnych obwodu rezonansowego. Indukcyjność cewki trzeba wyrazić w henrach (H).

Po wykonaniu obwodu rezonansowego można przystąpić do montowania pozostałych części składowych radioodbiornika. Potrzebny jest element, który spełni rolę demodulatora — czyli wydzieli z sygnału radiowego zmodulowanego (odebranego przez antenę, a wytworzonego w obwodzie rezonansowym), właściwy sygnał elektryczny odpowiadający audycji. Tym elementem jest dioda lub tranzystor. Dioda półprzewodnikowa, przez którą przepuścimy sygnał radiowy, powoduje detekcję — czyli „wykrywanie”. Dzieje się tak dzięki prostowaniu sygnału radiowego, tzn. przepuszczaniu prądu w jednym kierunku. Kolejna droga sygnału radiowego po detekcji (czyli zdemodulowaniu) prowadzi przez uzwojenie elektromagnesów słuchawek.



Rys. 4. Schemat funkcjonalny odbiornika diodowego: a) połączenie elementów i podzespołów najprostszego odbiornika; b) przebiegi sygnałów radiowych w obwodach odbiornika diodowego i ich graficzne odzwierciedlenie.

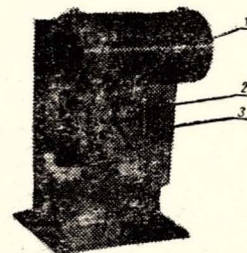
Schemat elektrycznych połączeń w odbiorniku eksperymentalnym z zastosowaniem diody pokazano na rysunku 4. Obwód rezonansowy jest strojony za pomocą zmiany indukcyjności przez przełączanie końcówek, czyli zmianę liczby zwojów w cewce powodując zmianę jej indukcyjności) lub przez zmianę pojemności kondensatora.

Do anteny odbiorczej docierają sygnały radiowe wielu radiostacji i indukują w niej słabe prądy elektryczne o wielkiej, lecz zróżnicowanej częstotliwości. Przepływają one przez obwód rezonansowy w odbiorniku, gdzie następuje „odsiew” sygnałów dzięki własnościom rezonansowym obwodu. Następuje jakby zatrzymanie prądów drgających z częstotliwością, na jaką jest nastrojony dany obwód. Inne sygnały obwód rezonansowy przepuszcza do ziemi.

* Dobrocią nazywamy współczynnik określający straty energii wielkiej częstotliwości na oporze rzeczywistym cewki obwodu rezonansowego.

Istotną własnością obwodu rezonansowego jest jeszcze jego dobroć*, która wpływa na selektywność, czyli zdolność rozdzielać sygnałów radiowych o zbliżonej częstotliwości.

Kolejny ważny proces to detekcja sygnału radiowego za pomocą diody lub tranzystora. Elementy te posiadają własności wentylowe — jednokierunkowe przewodzenie prądu przemiennego. Charakter przepływających w odbiorniku radiowym sygnałów ilustrują wykresy pokazane na rysunku 4b. Łatwo zauważyć, że prąd przepływający przez detektor jest elektrycznym przebiegiem tętniącym, jednokierunkowym. Zawiera on jeszcze „domieszkę” fali nośnej, czyli sygnału radiowego. Jest on w tym obwodzie już zbędny. Odprowadza się go do ziemi przez kondensator stały, tzw. blokujący. Pojemności tego kondensatora są tak dobrane, że stawia on mały opór dla „resztek” sygnału radiowego, a duży opór prądom o częstotliwości audycji (są to prądy małej częstotliwości — skrótowo m. cz.).

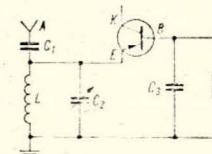


Rys. 5. Doświadczalny odbiornik diodowy strojony przez zmianę pojemności: 1 — zwojnica, 2 — kondensator zmienny, 3 — dioda detekcyjna.

Na kolejnym schemacie (rys. 6) pokazano połączenia odbiornika, w którym do prostowania sygnału radiowego zastosowano tranzystor (triodę półprzewodnikową). W tranzystorze tym pracuje tylko jedno złącze emiter-baza, w którym następuje detekcja sygnału. Obwód rezonansowy stroi się za pomocą zmiany pojemności kondensatora.

Rozpatrywane układy radioodbiornicze są układami biernymi, bowiem nie następuje w nich wzmocnienie sygnału. Jest on bezpośrednio poddawany detekcji i przetworzeniu na drgania akustyczne w słuchawce. Głośność audycji jest uzależniona głównie od mocy sygnału radiowego uzyskanego z anteny odbiorczej.

Każda stacja radiowa „rozsięwa” energię (tzw. wielkiej częstotliwości) w postaci fali elektromagnetycznej we wszystkich kierunkach, i jasne jest, że w miarę oddalania się od anteny nadawczej moc sygnału wielkiej częstotliwości staje się coraz słabsza (opisana sytuacja nie dotyczy fal krótkich, które rozchodząc się mogą ulegać odbiciom).



Rys. 6. Schemat ideowy odbiornika z tranzystorem jako detektor.

Do odbioru programu przez bierne układy radioodbiornicze na falach długich (1332 m, częstotliwość 227 kHz) nadawanych przez Centralną Radiostację Polskiego Radia wystarczy antena o długości 12—18 m. (Pamiętać należy, że uziemienie jest niezbędne!).

Prądy m. cz. przepływają przez uzwojenie elektromagnesu słuchawki, pełniąc rolę przetwornika elektroakustycznego, pobudzają membranę słuchawek do drgań, co daje efekt akustyczny.

Może się jednak zdarzyć, że nie zdołacie uzyskać spodziewanych efektów odbioru. Gdzie wówczas szukać przyczyn, co trzeba zmienić, uzupełnić lub naprawić? Otóż w obwodach naszego radiop odbiornika przepływają niesłychanie słabe sygnały elektryczne i wszelkie niedokładności w połączeniach stanowią dla nich dużą przeszkodę.

Dlatego wszystkie łączenia muszą być zgodne ze schematem i dobrej jakości — końcówki cewki trzeba dokładnie oczyścić z emalii, do połączeń użyć również

3. OBWODY ZASILAJĄCE

Układy radioodbiornicze, które rozpatrywaliśmy wcześniej, nie miały zewnętrznych źródeł zasilania energią elektryczną. Sygnał radiowy był przekształcany bezpośrednio w drgania m. cz. w odbiornikach diodowych, lub był prostowany za pomocą tranzystora. W obu wypadkach wykorzystywana była jednak energia fal radiowych — „energia wolnodostępna” — czerpana z anteny. Takie postępowanie może mieć jedynie charakter eksperymentalny, wymaga bowiem wydajnej anteny zewnętrznej i silnego pola elektromagnetycznego, które powstaje tylko w ograniczonej odległości od stacji radionadawczej.

Chcąc stosować bardziej złożone urządzenia z tranzystorami, trzeba korzystać z elektrycznych źródeł zasilania. Tranzystory, będące elektronowymi przyrządami sterowanymi, trzeba zasiląć prądem stałym o stosunkowo niskim napięciu. Do tego celu służą ogniwa i baterie elektrochemiczne (tzw. suche, węglowo-cynkowe). Z ogniw tych można pobierać energię elektryczną tak długo, jak długo zachodzą w nich procesy chemiczne. Przebiegają one do wyczerpania się zapasu czynników chemicznych. W ogniwach mających większe wymiary elektrod, procesy chemiczne zachodzą dłużej i można z nich czerpać prąd elektryczny o większym natężeniu. Napięcie ogniwa nie zależy od wielkości elektrod.

Urządzenia tranzystorowe pobierają prąd o małym natężeniu. Z tego też względu przydatne będą małe ogniwa, np. typu R6 (napięcie 1,5 V), 2R10 (napięcie 3 V) lub 3R12 (napięcie 4,5 V).

Przepływ prądu elektrycznego jest uzależniony od utworzenia z przewodników zamkniętego obwodu (drogi) dla obiegu elektronów i wytworzenia w przewodach pola elektrycznego, którego siły powodują uporządkowany ruch swobodnych elektronów. Siły te nazywano siłami elektromotorycznymi. Można je uzyskać najprostszym sposobem na drodze przemian chemicznych (np. w ogniwie węglowo-cynkowym). Właśnie dzięki siłom elektromotorycznym elektrony gromadzą się na biegunie (elektrodzie) ujemnym, uzyskując więc pewną energię. Jeśli obwód zostanie zamknięty, elektrony wykonują pracę.

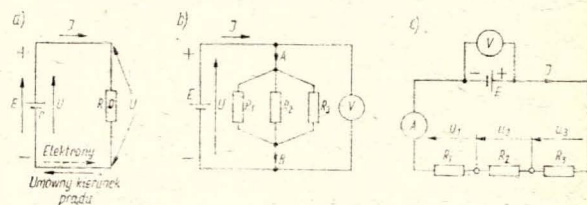
Każde źródło ma dwa bieguny — dodatni (+) i ujemny (—). Umownie przyjęto, że prąd w obwodzie płynie od zacisku dodatniego do ujemnego. Teoria elektronowa wyjaśniła, że ruch elektronów swobodnych jest przeciwny, bowiem nadmiar ele-

czystego przewodu miedzianego i dopiero wtedy można przystąpić do lutowania.

Na wynik doświadczenia mają również wpływ jakość anteny i uziemienia. Trzeba jeszcze pamiętać, że stosując antenę zastępczą w odległościach ponad 120 km od Konstantynowa, gdzie jest zainstalowana Centralna Radiostacja Polskiego Radia — odbiór może nie nastąpić.

Nie należy jednak zniechęcać się pierwszymi niepowodzeniami. W kolejnych urządzeniach radioodbiorniczych zastosujecie elementy wzmacniające, jakimi są tranzystory, a wówczas osiągnięcie efektu będzie pewniejsze.

ktronów znajduje się na biegunie ujemnym, skąd płyną do bieguna dodatniego (niedobór elektronów). Zachowano jednak tradycyjne określenie kierunku przepływu elektronów w obwodzie zamkniętym. Pokazuje to rysunek 7. W obwodzie tym wyróżniamy:



Rys. 7. Układy elektryczne ze źródłami prądu, odbiornikami i miernikami: a) reguły kierunkowe prądu w obwodzie zamkniętym, b) szeregowe połączenie rezystorów, c) równoległe połączenie rezystorów.

źródło energii elektrycznej E, którym jest ogniwo wytwarzające różnicę potencjałów, czyli napięcie U. Na rysunku 7 strzałkami zaznaczono zwrot napięcia w stronę wyższego potencjału (wg umownego tradycyjnego oznaczenia). W obwodzie tym znajduje się odbiornik R, który na rysunku występuje jako rezystor (opornik). Przewodami płynie strumień elektronów, mówimy, że przepływa prąd o natężeniu I. Znakomity fizyk J. Ohm ustalił dla odcinka obwodu elektrycznego zależności pomiędzy napięciem U, pod jakim znajduje się odbiornik o rezystancji R (dawniej nazywanej oporem lub opornością), a natężeniem prądu I, płynącym w tym obwodzie. Prawo

Ohma wyraża się wzorem $I = \frac{U}{R}$. Wzór ten zgodnie

z regułami matematycznymi można przekształcić:

$$R = \frac{U}{I} \text{ lub } U = I \cdot R$$

Dla całkowitego obwodu, prawo Ohma wyraża się zależnością $I = \frac{E}{R + r}$, gdzie E — siła elektromotoryczna źródła w woltach, R — rezystancja odbiornika i przewodników, r — rezystancja wewnętrzna źródła (w omach — znak Ω).

W radioodbiorniku mamy często do czynienia z bardziej złożonymi obwodami, w których rezystory (oporniki) bywają połączone równoległe, szeregowo

lub w sposób mieszany. Łącząc rezystory szeregowo, jeden za drugim, uzyskujemy obwód, w którym wartość rezystancji równoważnej odpowiada sumie:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

W tej sytuacji przez wszystkie rezystory przepływa ten sam prąd. Amperomierz włączony do obwodu wykaże wartość natężenia prądu. Spadki napięć na poszczególnych rezystorach można obliczyć stosując wzory:

$$U_1 = I \cdot R_1; U_2 = I \cdot R_2; U_3 = I \cdot R_3$$

Całkowity spadek napięcia jest równy sumie $E = U_1 + U_2 + U_3$.

Dla obwodu złożonego z rezystorów połączonych równolegle stosowane jest I prawo Kirchhoffa głoszące, że suma natężeń prądów dopływających do węzła jest równa sumie natężeń prądów wypływających z węzła.

Przy połączeniu równoległym rezystorów odwrotności rezystancji równoważnej (zastępczej) jest równa sumie odwrotności rezystancji połączonych

$$\text{równolegle rezystorów: } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Jeżeli zastosujemy n sztuk rezystorów jednakowej wartości połączonych równolegle, to otrzymamy

$$R = \frac{R_0}{n}$$

Patrząc na schemat (rys. 7c) zauważymy, że wszystkie rezystory (R_1, R_2, R_3) będą pod tym samym napięciem U , a prądy w poszczególnych gałęziach wy-

noszą: $I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, I_3 = \frac{U}{R_3}$, zaś spadki na-

pięć nie zmieniają się. Dlatego możemy ułożyć na-

stępujące proporcje: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}, \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_1}$, z któ-

rych wynika, że natężenie prądów w gałęziach równoległych pozostaje w stosunku odwrotnym do rezystancji tych gałęzi.

Dla celów praktycznych przytoczymy jeszcze uproszczony wzór dla szczególnego przypadku połączenia równoległego tylko dwóch rezystorów:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

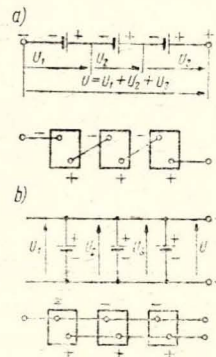
Za pomocą tego wzoru można obliczyć wypadkową wartość rezystancji. Łącząc odpowiednio rezystory równolegle bądź szeregowo, można otrzymać właściwą rezystancję wypadkową i uzyskać pożądany efekt elektryczny.

Ogniwa chemiczne można łączyć równolegle lub szeregowo. Połączenie szeregowe ogniw pozwala uzyskać baterię, której napięcie jest równe sumie napięć poszczególnych ogniw (rys. 8a).

Przy połączeniu równoległym napięcie pozostaje nie zmienione, wzrasta ogólna pojemność baterii ogniw, co w efekcie pozwala na czerpanie prądu o większym natężeniu (rys. 8b).

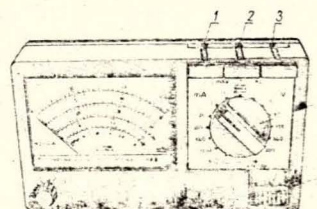
Do pomiarów wielkości elektrycznych w urządzeniach radioodbiornych nadają się mierniki uniwersalne. Służą one do mierzenia np. napięcia i natężenia prądu oraz oporu elektrycznego. Jest to wygodne zwłaszcza w pracy radioamatorskiej.

Stosując miernik uniwersalny trzeba postępować bardzo uważnie. Przed włączeniem przyrządu pomiarowego do obwodu elektrycznego orientacyjnie ustalić mierzoną wielkość, gdyż miernik trzeba ustawić na właściwy rodzaj prądu (stały lub przemienny) i odpowiedni zakres. Przewidywana wartość napięcia bądź natężenia prądu musi mieścić się w granicach skali zakresu. Dlatego też trzeba uważnie manipulować przełącznikiem zakresów pomiarowych.



Rys. 8. Sposoby połączenia ogniw elektrycznych: a) połączenie szeregowe, b) połączenie równoległe.

Na rysunku 9 pokazano popularny miernik uniwersalny produkcji krajowej, typ Lavo-3. Można nim mierzyć natężenie prądu od 1,5 mA do 1500 mA, a napięcie od 3 V do 600 V. Rezystancję mierzy się w kiloomach od 0 do 50, na trzech podzakresach: x 0,1; x 1; x 10, czyli praktycznie od 0 do 500 kiloomów.



Rys. 9. Miernik uniwersalny wielozakresowy: 1-2-3 — zaciski wyjściowe, 4 — przełącznik zakresów pomiarowych, 5 — przełącznik rodzaju prądu, 6 — regulacja omomierza.

Prace z prądem elektrycznym o napięciu wyższym niż 24 V są groźne dla życia człowieka, gdyż może nastąpić porażenie. Z tego względu, posługując się wszelkimi przyborami elektrycznymi zasilanymi z sieci oświetleniowej, trzeba baczyć na jakość izolacji jej przewodów i innych części będących pod napięciem.

Pomiar napięcia wykonuje się woltomierzem łącząc zaciski miernika równoległe do źródła prądu, przy dołączonym obciążeniu. Jeśli wykonuje się pomiar napięcia bez obciążenia, to uzyskujemy wartości odpowiadające sile elektromotorycznej ogniwa baterii. Różni się ona przeważnie od napięcia, jakie uzyskuje się przy właściwym obciążeniu, bo występuje wówczas spadek napięcia na rezystancji wewnętrznej ogniwa (r_w).

Uruchamiając bądź użytkując układy z tranzystorami, należy sprawdzić napięcia źródeł zasilania. Pomiar natężenia prądu wykonuje się miliamperomierzem (lub amperomierzem) dobierając odpowiedni zakres pomiarowy. Zaciski przyrządu włącza się szeregowo w obwód źródła i odbiornika energii (rys. 7c).

4. PODSTAWOWE INFORMACJE O ELEMENTACH PÓLPRZEWODNIKOWYCH

We współczesnych urządzeniach radioelektronicznych stosowane są prawie wyłącznie elementy półprzewodnikowe.

Produkuje się wiele odmian elementów półprzewodnikowych mających różne przeznaczenie. Można tu wymienić: diody, tranzystory, tyrystory, fotodiody itp.

Nieprzerwanie przybywa nowych elementów elektronowych. Następuje też ich doskonalenie. Elementy z germanu zastąpiono trwalszymi wyrobami z krzemu. Tranzystory z lat sześćdziesiątych, mające średnicę 6–8 mm, w latach siedemdziesiątych zastąpiono elementami wielkości główki od zapalki. Wiele tranzystorów i diod oraz innych części obwodów połączono w zespoły przystosowane do pełnienia określonych zadań. Zwarte kostki złożone z wielu elementów nazwano układami scalonymi. Układy scalone są już wytwarzane masowo i stosowane w produkcji radioodbiorników i telewizorów.

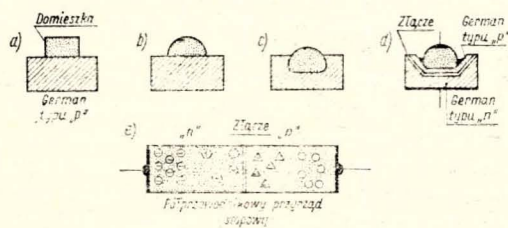
Jeszcze mniejsze i bardziej złożone elektronowe układy scalone nazywane mikroprocesorami stosuje się np. w kalkulatorach kieszonkowych.

Nasze zainteresowanie ograniczmy tylko do dwóch przyrządów wymienionych na wstępie, tj. diod i tranzystorów. Trzeba jednak zaznaczyć, że istnieje wiele typów diod, np. diody detekcyjne w.c.z., diody prostownicze małej i średniej mocy. Jeszcze liczniejsza jest „rodzina” tranzystorów.

Funkcjonowanie wszystkich półprzewodników jest oparte na podobnych zjawiskach fizycznych, zaś rozwiązania konstrukcyjne bywają różne, w zależności od przeznaczenia przyrządu.

W przyrządach półprzewodnikowych wykorzystano efekt przewodnictwa elektronowo-dziurowego. Najogólniej można powiedzieć, że występuje tam nie tylko ruch elektronów od bieguna ujemnego do dodatniego, ale pojawia się pozorna wędrówka dziur, jako odwrotnie skierowany ruch ładunków dodatnich. Praktyczne wykorzystanie opisanego efektu ma miejsce w funkcjonowaniu przyrządów półprzewodnikowych. Do ich produkcji wykorzystuje się materiały półprzewodzące: german (Ge) i krzem (Si). Wymienione materiały są uprzednio specjalnie „preparowane” przez wprowadzenie określonych domieszek do ich wewnętrznej siatki krystalicznej.

Użycie domieszek pozwala wytworzyć dwa rodzaje półprzewodników: typ p (positiv — dodatni) i typ n (negativ — ujemny).

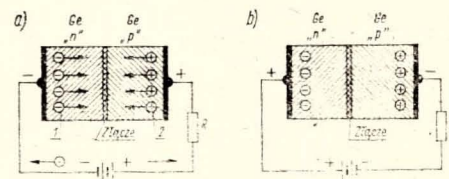


Rys. 10. Sposób wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego i konstrukcja złącza typu n-p: a), b), c), d) technologia wtapiania domieszki do germanu typu p, e) rozmieszczenie nośników ładunku w półprzewodnikowym przyrządzie n-p.

Proces technologiczny wytwarzania przyrządu półprzewodnikowego — diody germanowej pokazano na rysunku 10. Na płytce czystego germanu, który ma temperaturę topnienia powyżej 1000°C, umieszcza się

małą ilość domieszki (rys. 10a i b). Po podgrzaniu tych materiałów w piecu elektrycznym powstaje struktura stopowa (rys. 10c i d). Domieszkami do wytwarzania germanu typu n są pierwiastki pięciowartościowe, np. arsen lub antymon (otrzymuje się w efekcie materiał o przewodnictwie elektronowym — negativ). German typu p uzyskuje się przez dodanie do czystego kryształu domieszki pierwiastka trójwartościowego, np. boru (uzyskuje się materiał półprzewodnikowy o przewodnictwie dziurowym — positiv). Strukturę przyrządu wykonanego z takich materiałów półprzewodnikowych pokazano schematycznie na rysunku 10 e.

W punkcie styczności (w złączeniu) dwóch półprzewodników typu n i p zachodzą zjawiska fizyczne, w których biorą udział — jako nośniki ładunku elektrycznego — dziury (p) i elektrony (n). Zależnie od kierunku przyłączenia biegunów źródła prądu do złącza półprzewodnikowego otrzymuje się polaryzację w kierunku przewodzenia lub polaryzację zaporową złącza (rys. 11a, b).



Rys. 11. Zjawiska zachodzące w złączeniu półprzewodnikowym n-p: a) polaryzacja złącza w kierunku przewodzenia: 1 — elektrony, 2 — dziury, b) polaryzacja złącza w kierunku zaporowym.

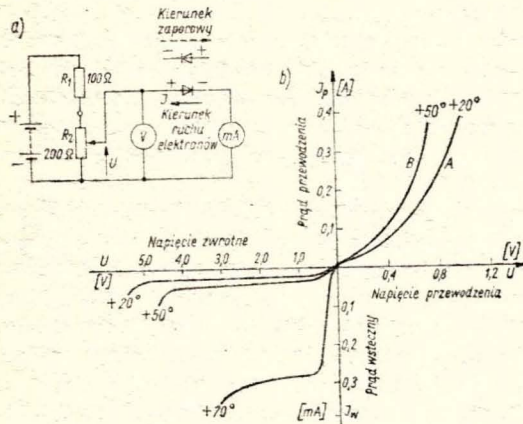
Włączenie źródła prądu do obwodu, jak pokazano na rysunku 11 a, powoduje, że przez złącze przepływa prąd elektryczny — mówimy o polaryzacji złącza w kierunku przewodzenia. Zjawisko to można wyjaśnić w następujący sposób: elektrony swobodne w warstwie n są odpychane przez pole elektryczne wytworzone ujemnym biegunem źródła prądu i przesuwały się w kierunku złącza. Dziury zaś jako ruchome nośniki dodatnie w warstwie p są odpychane przez biegun dodatni i również dążą w kierunku złącza.

Nośniki ładunku nie mogą jednakże przejść przez złącze do odmiennych warstw i właśnie tu, w złączeniu, następuje wymiana ładunków (czyli tzw. rekombinacja) — elektrony łączą się z dziurami i neutralizują wzajemnie. Efektem tej wymiany jest przepływ prądu I w obwodzie zewnętrznym od bieguna dodatniego do ujemnego. Wewnątrz przyrządu następuje umowny ruch nośników od warstwy p do warstwy n.

Przy włączeniu złącza odwrotnie (jak na rys. 11 b), nastąpi mały impuls prądu — dziury z warstwy p spłyną do okładki zewnętrznej półprzewodnika, a wolne elektrony z warstwy n będą przyciągane do bieguna dodatniego baterii. Nastąpi odsunięcie się nośników od złącza — prąd I nie popłynie. Mówimy, że złącze jest spolaryzowane w kierunku zaporowym. Z przytoczonego opisu zjawiska zachodzącego w złączeniu wynika, że półprzewodnik (n-p) lub (p-n) przewodzi prąd tylko w jednym kierunku.

Przyrząd składający się z dwóch różnych półprzewodników (typu n-p) nosi nazwę diody półprzewodnikowej, złączonej (stopowej). Diody można stosować do prostowania prądu przemiennego.

Własności elektryczne diody ilustruje charakterystyka wyrażająca zależność prądu I płynącego przez złącze półprzewodnikowe od wartości doprowadzonego doń napięcia U , przy polaryzacji tak w kierunku przewodzenia, jak i w kierunku zaporowym. Do badania diody może służyć układ elektryczny wykonany zgodnie ze schematem (rys. 12 a).



Rys. 12. Badanie diody półprzewodnikowej: a) układ elektryczny do badania diody, b) charakterystyki diody złączonej określające prąd przewodzenia I_p w zależności od przyłożonego napięcia i temperatury.

Badając zależności dla kierunku przewodzenia, można uzyskać krzywą A pokazaną na wykresie (rys. 12 b). Jak widać, prąd wzrasta najpierw powoli a przy dalszym podwyższaniu napięcia U bardzo szybko się zwiększa. Z wykresu wynika, iż w obszarze przewodzenia dioda półprzewodnikowa ma bardzo małą rezystancję wewnętrzną (gdyż małym przyrostom napięcia U odpowiadają duże przyrosty prądu I). Jeżeli zmienimy bieguny diody (w układzie pokazanym na rysunku 12 a), to możemy zbadać, czy dioda przejdzie w przeciwnym kierunku. Teoretycznie dioda nie powinna przewodzić prądu w kierunku zaporowym, w rzeczywistości jednak pojawia się bardzo słaby prąd wsteczny (I wstecz.). Zaobserwowane zjawisko jest spowodowane brakiem idealnej czystości półprzewodnika oraz wpływem temperatury otoczenia na zachodzące w strukturze materii procesy.

Krzywa B pokazana na wykresie informuje, iż pod wpływem temperatury (np. przy $+50^\circ\text{C}$) wzrasta znacznie prąd przewodzenia. Charakterystyki napięciowo-prądowe pokazują wyraźnie zakres funkcjonowania diody danego typu. Z wykresu wynika, że przy temperaturze $+70^\circ\text{C}$ w diodzie germanowej następuje przebicie i uszkodzenie złącza przy niewielkim napięciu wstecznym. Z tego względu w diodach większej mocy stosuje się odprowadzenie ciepła za pomocą radiatorów. Złącze uszkodzone traci bowiem własności zaporowe złącza półprzewodnikowego.

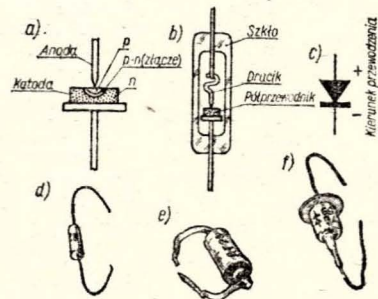
Parametry charakterystyczne dla diody prostowniczej:

- dopuszczalne zakresy napięć i prądów, w których diodę można zastosować bez obawy uszkodzenia,
- dopuszczalny prąd średni płynący w kierunku przewodzenia,
- dopuszczalna temperatura pracy (przyjmuje się dla diod germanowych 75°C , a dla krzemowych 150°C),
- wartość graniczna napięcia doprowadzonego w kierunku zaporowym; praktycznie napięcie dopuszczalne wynosi około 0,8 wartości napięcia granicznego.

W najprostszych konstrukcjach radiodbiorników wykorzystuje się diody do detekcji (prostowania) sygnałów radiowych wielkiej częstotliwości, o bardzo niskim napięciu i słabym natężeniu prądu. Do tego

celu stosuje się tzw. diody detekcyjne (inaczej zwane uniwersalnymi), mające nieco odmienną konstrukcję niż rozpatrywane wcześniej diody złączone (tzw. prostownicze). Diody detekcyjne wykonuje się również z germanu lub krzemu. Charakteryzuje je stosunkowo niskie napięcie zaporowe określające warunki robocze diody.

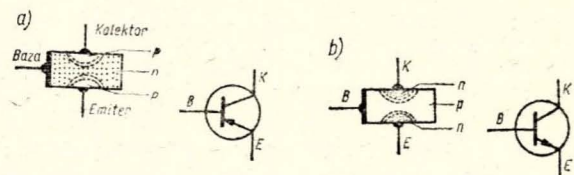
Dioda tego typu składa się z drobnej płytki półprzewodnikowej i wtopionego w nią ostrza cienkiego drucika metalowego, stanowiącego styk ostrzowy. Powierzchnia tego styku jest bardzo mała, wskutek czego diody ostrzowe nadają się do prostowania małych prądów, rzędu kilku miliamperów, ale o dużych częstotliwościach. Złącze półprzewodnik — metal umieszcza się w miniaturowej rurce szklanej, a kierunek przewodzenia zaznacza na niej strzałką (rys. 13).



Rys. 13. Konstrukcja i wygląd zewnętrznych diod półprzewodnikowych: a) schemat budowy diody ostrzowej, b) przekrój diody w obudowie szklanej, c) symbol graficzny diody, d) wygląd diody detekcyjnej ostrzowej, e), f) diody złączeniowe prostownicze małej mocy i m. cz.

Końcówki wyprowadzeń z przewodu posrebrzanego są wtopione w szkło i mają około 15–20 mm długości, co chroni półprzewodnik przed działaniem ciepła wydzielającego się podczas lutowania połączeń. Każda dioda jest oznakowana symbolem literowocyfrowym, który pozwala odczytać jej własności elektryczne i ustalić przeznaczenie. W opisanych układach radiodbiornych będziemy stosować diody uniwersalne germanowe lub krzemowe.

Disponując półprzewodnikowymi materiałami o przewodnictwie typu n i typu p, fizycy skonstruowali triodę półprzewodnikową — zwaną tranzystorem (nazwa ta pochodzi od angielskich słów: transfer — przeniesienie i rezystor — opornik).



Rys. 14. Zasady budowy tranzystora — triody półprzewodnikowej: a) przyrząd typu p-n-p, b) przyrząd typu n-p-n.

W tranzystorze wyróżniamy dwa złącza oraz trzy funkcjonalne obszary (elektrody): emiter, bazę i kolektor (rys. 14 a). Emiter E (od łacińskiego emittere — wysyłać) dostarcza nośniki typu p do bazy B (od greckiego słowa basis — podstawa) wykonanej z półprzewodników typu n. Następny obszar p przylegający od bazy nazwano kolektorem K (od łacińskiego słowa collektor — zbierający).

W tranzystorze obszar półprzewodnikowy bazy znajdujący się pomiędzy emiterym a kolektorem służy do sterowania przepływem prądu pomiędzy wymienionymi elektrodami. Dlatego też tranzystor nazwano półprzewodnikowym przyrządem sterowanym. Pamiętajmy, że dioda półprzewodnikowa, mająca tylko jedno

złącze p-n, wykazywała własności wentylowe — jednokierunkowe przewodzenie prądu.

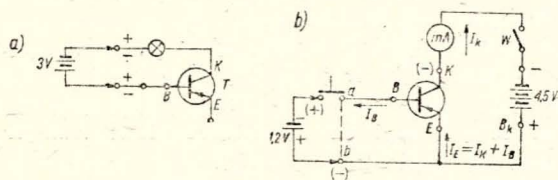
Na analogicznych zasadach został zbudowany tranzystor o odwrotnym rozmieszczeniu materiałów półprzewodnikowych. Rolę emitera pełni tu warstwa n, a bazy — warstwa p, zaś w obszarze kolektorowym znowu mamy półprzewodnik typu n. W ten sposób powstał tranzystor n-p-n. (rys. 14 b).

Struktura tego tranzystora wywołuje określone skutki praktyczne: wymaga on odwrotnej polaryzacji elektrod. Innymi słowy, bieguny źródeł zasilania w obwodzie tranzystora tego typu należy przyłączać odwrotnie aniżeli do tranzystora typu p-n-p. Tranzystory obu typów oznacza się na schematach podobnymi symbolami. Różnią się one tym, że grot strzałki jest odwrotnie skierowany. W praktyce spotyka się tranzystory obu rodzajów, trzeba więc bacznie przyglądać się schematom, bowiem niewłaściwe połączenie tranzystora może spowodować jego uszkodzenie.

Wszystkie dosyć złożone procesy fizyczne odbywają się wewnątrz struktur krystalicznych o różnych właściwościach przewodzenia prądu. Dzięki temu tranzystor jest konstrukcyjnie małym, zwartym i niewrażliwym na wstrząsy przyrządem elektronowym. Ważną zaletą tranzystora jest też to, że do jego funkcjonowania potrzebne są niewielkie ilości energii elektrycznej. Do zasilania tranzystora można więc stosować niskonapięciowe źródła prądu. Elektrody tranzystora łączy się z obwodami zewnętrznymi cienkimi końcówkami z dobrego przewodnika.

Produkują się tranzystory o różnorodnym przeznaczeniu. Mają też one zróżnicowane obudowy. Na każdej obudowie umieszczone są oznaczenia umożliwiające ustalenie właściwych elektrod, co jest istotne przy montowaniu tych przyrządów w układach.

O własnościach elektrycznych tranzystora, np. struktury p-n-p, można przekonać się doświadczalnie, stosując proste przyrządy: żaróweczkę o napięciu 2,5 V i natężeniu 0,075 A, oraz baterię 4,5 V (rys. 15 a).



Rys. 15. Sprawdzenie tranzystora: a) próba za pomocą uproszczonego układu, b) badanie wzmacniających własności tranzystora.

Jeśli utworzy się obwody, w których plusowy biegun baterii zostanie dołączony do bazy, a minusowy przez żarówkę do kolektora, to stwierdzimy, że żaróweczka nie zaświeci się. Gdy zmieni się bieguny baterii, czyli zastosuje przeciwną polaryzację elektrod tranzystora, żarówka się zaświeci, co świadczy o przepływie prądu przez złącze kolektora.

W pierwszym przypadku stałe napięcie z baterii zostało przyłożone do złącza w kierunku zaporowym (wstecznym), co powodowało przerwę w przepływie prądu, bowiem opór przejścia (złącza) był bardzo duży. Prąd wsteczny w sprawnym tranzystorze wynosi zaledwie 10 mikroamperów, jest więc znikomo mały, włókno żarówki nie może się zarzyć.

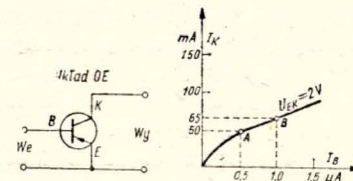
Kiedy zmieniano polaryzację, to złącze kolektorowe okazało się włączone w kierunku przewodzenia, przejście zostało otwarte i mógł przez nie płynąć prąd kolektorowy (I_K).

Wartość tego prądu jest ograniczona oporem włókna żaróweczki i oporem wewnętrznym źródła (baterii), bowiem opór przejścia p-n jest znikomo mały. W podobny sposób, doświadczalnie, można sprawdzić zachowanie się przejścia emiterowego. Spostrzeżenia będą podobne: przy odwrotnej polaryzacji przejście będzie zablokowane, a przy zmianie biegunów zostanie otwarte.

Rozpatrzmy funkcjonowanie obwodów tranzystora połączonego odpowiednio do źródeł prądu za pośrednictwem miernika mA, jak pokazano na rysunku 15 b.

Ogniwo w obwodzie emiter-baza zaznaczymy symbolem U_{EB} , zaś ogniwo w obwodzie baza-kolektor symbolem U_{EK} . Przez obszar BK (baza-kolektor), który jest spolaryzowany ujemnie, przebiegają niemal wszystkie dodatnie dziury, bo są one przyciągane przez ujemnie spolaryzowany kolektor. Miliamperomierz (mA) mierzy wartość prądu I_K . Wartość prądu I_K zależy proporcjonalnie od strumienia elektronów płynących w obwodzie bazy (I_B), który wynosi od 1 do 10% wartości ogólnego natężenia prądu I_E , a różnica zostaje doprowadzona z powrotem do obwodu. Właśnie ta różnica prądów stanowi istotną cechę tranzystora jako przyrządu wzmacniającego. Wynika to z tego, że prąd słabszy (I_B) płynący w obwodzie emiter-baza (E-B) steruje silniejszym prądem (I_K) płynącym w obwodzie baza-kolektor (B-K).

Zagadnienie wzmacniających własności tranzystora rozpatrzmy przykładowo, posługując się charakterystyką statyczną wykonaną dla tranzystora średniej mocy, przy włączeniu go w układzie ze wspólnym emiterem — OE (rys. 16). W zależności od sposobu



Rys. 16. Charakterystyka tranzystora średniej mocy w układzie OE, pokazująca zależności $I_K = f(U_{EB})$, przy U_{EK} stałym (2V).

połączeń tranzystorów rozróżnia się układy z ogólną bazą — OB (niekiedy bywają stosowane oznaczenia WB — wspólna baza), rzadziej wykorzystuje się układy z ogólnym kolektorem.

Charakterystyka tranzystora ukazuje wpływ zmiany natężenia prądu bazy I_B na zmianę prądu kolektora I_K przy napięciu na zaciskach kolektor-emiter równym 2 V. Charakterystyka ta pozwala określić współczynnik wzmocnienia prądowego oznaczanego symbolem β (dla wybranego układu OE). Współczynnik ten wskazuje, jak zmieni się prąd kolektora w porównaniu z przyrostem prądu bazy.

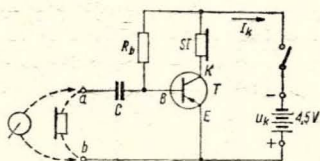
Obliczmy β . W tym celu wybrano na charakterystyce tranzystora punkty A i B. Z wykresu widać, że gdy prąd bazy I_B wzrośnie od 0,5 μA do 1 μA , prąd kolektora I_K wzrośnie od 50 do 65 mA, czyli o 15 mA.

$$\text{A więc } \beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{65 - 50}{1,0 - 0,5} = \frac{15}{0,5} = 30.$$

Analizując charakterystyki statyczne tranzystora (bez roboczego obciążenia) można również określić opór wyjściowy tranzystora. Znajomość tych wielkości jest użyteczna przy projektowaniu obwodów z tranzystorami.

5. ZASTOSOWANIE TRANZYSTORA JAKO WZMACNIACZA

Tranzystor umożliwi nam zbudowanie układu wykorzystywanego do wzmacniania sygnałów małej częstotliwości. Człon wzmacniacza z tranzystorem typu p-n-p pokazano na schemacie (rys. 17).



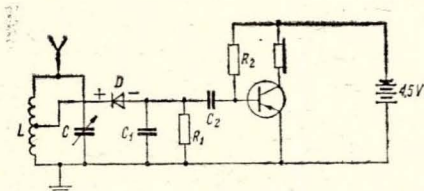
Rys. 17. Schemat jednostopniowego wzmacniacza tranzystorowego: C — kondensator 0,047 μF , R_b — rezystor 150–200 $\text{k}\Omega$, Sf — słuchawki wysokoomowe (około 2000 Ω), T — tranzystor, U_k — ogniwo.

W schemacie tym tranzystor jest włączony do układu o wspólnym emiterze. Całkowity prąd zasilający przepływa przez emiter, minimalna jego część odgałęzia się do bazy, zaś największa część płynie w obwodzie kolektora. Para zacisków BE (baza-emiter stanowi wejście stopnia wzmacniającego, zaś zaciski EK (między którymi jest włączone źródło zasilania) tworzą wyjście tego członu.

Funkcjonowanie członu wzmacniającego sprawdzimy po zmontowaniu układu, w którym mamy tranzystor typu p-n-p, słuchawkę elektromagnetyczną, rezystor 150–200 $\text{k}\Omega$ (R_b) oraz kondensator stały C o pojemności 0,1–0,5 μF . Do zacisków a-b dołączamy końcówki od adaptera lub od drugiej słuchawki elektromagnetycznej, która spełni rolę mikrofonu. Mamy więc elementarny tranzystorowy wzmacniacz m.cz., który spotyka się w każdym radiodbiorniku.

Przeznaczeniem tego członu jest wzmacnianie słabych sygnałów elektrycznych uzyskanych z detektora lub wytworzonych przez mikrofon albo adapter, które doprowadza się do wejścia członu wzmacniającego. Wzmocnione sygnały są wydzielane w obwodzie kolektora. W układzie tym niezbędną polaryzację bazy uzyskuje się przez rezystor R_b dołączony do ujemnego bieguna baterii o napięciu U_k .

Opisany człon wzmacniacza może współpracować z odbiornikiem diodowym (biernym). Schemat takiego układu pokazano na rysunku 18. Sygnał m.cz.



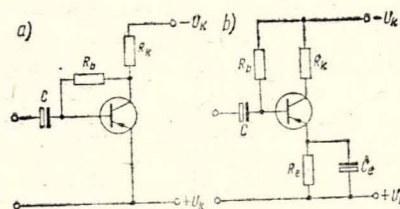
Rys. 18. Schemat odbiornika diodowego z członem wzmacniacza tranzystorowego; wartości elementów: LC, D, C_1 — 1,5 μF , C_2 — 6800 pF, R_1 — 10 $\text{k}\Omega$, R_2 — 100–150 $\text{k}\Omega$.

z układu odbiornika diodowego, w którym uzwojenie słuchawki zastąpiono rezystorem R_1 (10–12 $\text{k}\Omega$), zostaje doprowadzony przez kondensator sprzęgają-

cy C_2 do bazy tranzystora funkcjonującego jako wzmacniacz drgań m.cz. Zwróćcie uwagę na sposób włączenia diody. Katoda diody jest dołączona do zwojnicy, a anoda do rezystora R_1 .

Tranzystorowy wzmacniacz czerpie energię elektryczną z baterii zasilającej, której napięcie wynosi od 3,0 do 4,5 V. Natężenie prądu płynącego z baterii do układu jest niewielkie, więc układy tranzystorowe są ekonomiczne i wygodne w użytkowaniu.

Zwróćmy jeszcze uwagę na zagadnienie stabilizacji warunków zasilania układów tranzystorowych. Elementy półprzewodnikowe, zwłaszcza germanowe, wykazują wrażliwość na zmiany temperatury ośrodka. Wzrost temperatury powoduje zwiększanie się wielkości prądu zwrotnego kolektora wywołującego naruszenie warunków pracy tranzystora. Z tego względu w wielu układach praktycznych stosuje się różne sposoby stabilizacji warunków pracy tranzystora na drodze elektrycznej. Niektóre z nich, częściej spotykane, pokazano na schematach (rys. 19a i b).



Rys. 19. Zasady stabilizacji zasilania wzmacniacza tranzystorowego.

W pierwszym schemacie rezystor R_b jest podłączony do źródła zasilania za pośrednictwem rezystora obciążającego stopień wzmacniający w obwodzie kolektora R_k . Rozpatrzmy sytuację, kiedy nastąpi zwiększenie temperatury otaczającej tranzystor, a w rezultacie także wzrost natężenia prądu kolektora. Omawiane zjawiska wywołują zwiększony spadek napięcia na rezystorze R_k , powodując jednocześnie zmniejszenie potencjału napięcia między kolektorem a bazą, a przez to zmniejszenie prądu bazy I_b . W efekcie końcowym zmniejszy się natężenie prądu kolektora, a o to właśnie chodziło, bowiem uzyska się zachowanie żądanych warunków tranzystora, czyli stabilizację.

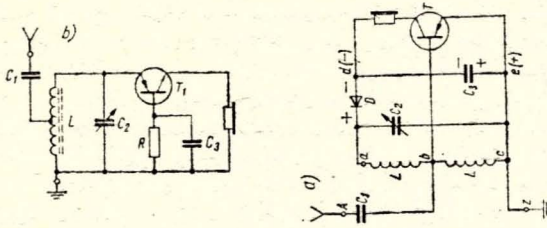
Inne rozwiązanie stabilizacji członu wzmacniającego pokazano na schemacie 19b. W obwodzie emitera włączona jest komórka RC zapewniająca stabilizację punktu pracy tranzystora dla obwodu prądu stałego, a więc bez zmniejszenia się współczynnika wzmocnienia danego stopnia. W tym przypadku stosuje się kondensator elektrolityczny C_e o pojemności 5 do 10 μF ; jego napięcie robocze powinno być półtora raza większe od napięcia zasilania U_k .

6. PROSTE I CIEKAWY ODBIORNIKI TRANZYSTOROWE

Na kolejnych schematach pokazano różne wersje praktycznych układów dostosowanych do zasilania tranzystora energią wolnodostępną pobieraną z anteny. W każdym z tych układów odnajdujemy zna-

ne już części składowe odbiornika diodowego. Jest więc obwód rezonansowy (L, C), antena i uziemienie, są też słuchawki i kondensator blokujący. Schematy te różnią się między sobą tylko sposobem wy-

korzystania tranzystora, ale w obu układach do zasilania czerpie się energię wolnodostępną. Jak to się dzieje?



Rys. 20. Schematy odbiorników jednotranzystorowych zasilanych energią fal nadajnika, energią wolnodostępną: a) z detektorem diodowym, b) z tranzystorem jako detektorem i wzmacniaczem.

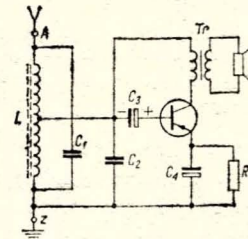
W odbiorniku pokazanym na rysunku 20a zastosowano diodę (D) i tranzystor (T). Sygnał radiowy płynący z anteny przez kondensator stały C_1 jest doprowadzony do zwojnicy L, która wraz z kondensatorem C_2 tworzy obwód rezonansowy. Część energii trafia z C_2 do bazy tranzystora. W złącze baza-emiter powstaje detekcja sygnału radiowego, następnie drgania m. cz. są wzmacniane, a w obwodzie kolektorowym tranzystora prądy płyną przez słuchawki (wysokoomowe, około 2000 omów).

Energia do zasilania obwodów tranzystora jest właśnie czerpana w ten sposób, że prąd wyindukowany w całej cewce (punkty a-c) płynący przez diodę zostaje wyprostowany, a jego tętnienie wygładzone kondensatorem C_3 . Dzięki temu między punktami

d i e uzyskuje się energię elektryczną o stosunkowo niskim napięciu, ale wystarczającym do uruchomienia jednotranzystorowego wzmacniacza.

Wolnodostępną energię można uzyskać w ten sposób tylko w małej odległości od radiostacji (około 30 km od Radiostacji Centralnej PR), przy zastosowaniu anteny zewnętrznej i uziemienia.

W drugim układzie tego typu (rys. 20b) odmiennie włączono tranzystor i prostuje się w nim sygnał, który płynący przez złącze baza-emiter część energii wydziela na rezystorze R o rezystancji 10 k Ω . Kondensator C_3 pełni analogiczną rolę jak w układzie poprzednim.

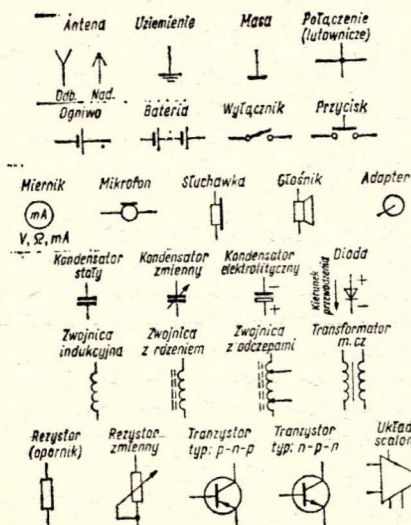


Rys. 21. Schemat odbiornika głośnikowego zasilanego energią wolnodostępną: A — antena zewnętrzna (około 19 m), C_1 — 120 pF, C_2 — 1500 pF, C_3 — 3 do 5 μ F/6V lub 12V, C_4 — 50 μ F/6V, R — 470 Ω , głośnik dynamiczny z transformatorem, L — cewka na rdzeniu.

W szczególnie korzystnych warunkach odbioru, do 50 km od radiostacji, można wykorzystać schemat podany na rysunku 21. W tym przypadku tranzystor uruchamia głośnik włączony przez transformator.

7. OD SCHEMATU IDEOWEGO DO SCHEMATU MONTAŻOWEGO

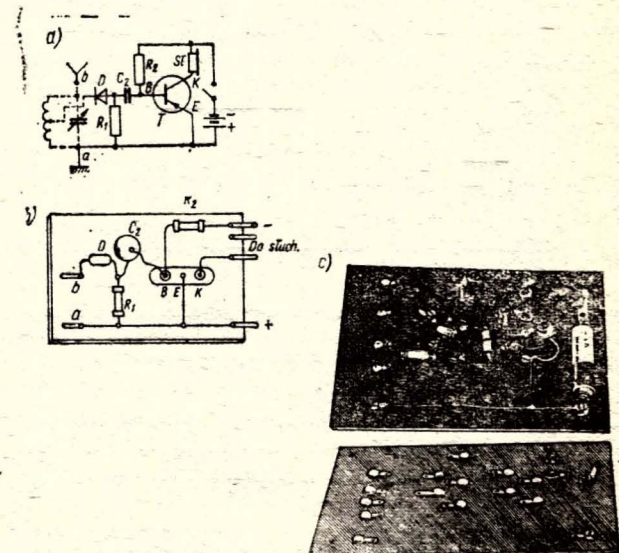
Za pomocą schematu ideowego, na którym operuje się umownymi symbolami graficznymi, można, jak wiemy, poznać funkcjonalne powiązania podzespołów i poszczególnych części składowych zastosowanych w radioodbiorniku.



Rys. 22. Symbole graficzne części stosowanych elementów radiowych.

Oznaczenia graficzne stosowane w radiotechnice zostały ujednoczone przez Polski Komitet Normalizacyjny.

Na rysunku 22 zestawiono symbole graficzne części spotykanych elementów. Umiejętność posługiwania się symbolami graficznymi w radiotechnice ma ogromne znaczenie dla przejrzystego i sprawnego przekazywania dokumentacji technicznej, jaką



Rys. 23. Przekształcenie schematu ideowego: a) przejściowy schemat montażowy, b) wygląd próbnego układu montażowego, c) zmontowany na płytce z końcówkami lutowniczymi (pokazano układ dwustopniowego wzmacniacza) układ rzeczywisty ze źródłem zasilania oraz płytka montażowa uniwersalna.

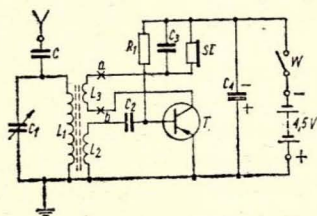
jest schemat ideowy. Podobnie jest w elektrotechnice i automatyce. Schemat ideowy, chociaż jest bardzo ważny, ma jednak ograniczone zastosowanie. Gdy zaczynamy wykonywać połączenia rzeczywistych części składowych odbiornika, okazuje się, że nie wszystko jest przejrzyste. W czasie prac konstrukcyjno-montażowych trzeba zastanawiać się nad sposobem rozmieszczenia części mających określoną objętość (gabaryty). Konieczne staje się zaprojektowanie schematu montażowego. W schemacie tego typu, kierując się ideą (schematem teoretycznym), projektujemy rzeczywisty układ radiotechniczny.

8. UDOSKONALENIA W JEDNOTRANZYSTOROWYM ODBIORNIKU

Rozpatrywane poprzednio układy radioodbiornicze są najprostszymi urzędzeniami tego typu. Ich zaletą jest przejrzystość połączeń, a przez to wyrazistość funkcji poszczególnych podzespołów. Łatwo jednak dostrzec słaby odbiór audycji. Występuje niska selektywność i mała czułość obwodów wejściowych w konstruowanych radioodbiornikach doświadczalnych.

Właśnie te wady trzeba eliminować doskonaląc układy jednotranzystorowych aparatów.

Zastanówmy się najpierw, jakie podzespoły w radioodbiorniku mają decydujący wpływ na efekt końcowy. Zaczniemy od obwodu rezonansowego, który powoduje odsiew fal radiowych. Jeśli udoskonalimy nasze „sito elektromagnetyczne”, to uda się skuteczniej rozdzielać odbiór z radiostacji o zbliżonej częstotliwości. Rozpatrzmy to zagadnienie posługując się schematem (rys. 24). Mamy w nim rozbudo-



Rys. 24. Odbiornik tranzystorowy ze sprzężeniem zwrotnym — schemat ideowy „udoskonalonego” odbiornika jednotranzystorowego: zespół cewek L_1 , L_2 , L_3 , C — 120 pF, C_1 — kondensator strojeniowy, C_2 — 6800 pF, C_3 — 1500 pF, C_4 — 25–50 μ F/6 lub 12V, R_1 — 250–300 k Ω , T — tranzystor p-n-p germanowy lub krzemowy małej mocy, B ponad 40.

wany zespół cewek (zwojnic). Zespół ten składa się z cewki L_1 — obwodu rezonansowego, L_2 — sprzęgającej obwód bazy tranzystora oraz cewki L_3 — sprzęgającej obwód kolektora. Łącznie pracują trzy cewki poprzez swe pola magnetyczne oddziałujące wzajemnie na siebie. Pola te skupia wspólny rdzeń ferrytowy.

Zastanówmy się teraz nad rolą poszczególnych obwodów, do których są dołączone te cewki. Nie wymaga wyjaśnienia przeznaczenie cewki L_1 i kondensatora C_1 — tworzą one klasyczny obwód rezonansowy. Do czego służy więc dodatkowa zwojnica L_2 ?

Jednym końcem jest ona połączona z cewką L_1 , a drugim przekazuje sygnał w.c.z. do bazy tranzystora. Dzięki cewce L_2 obwód bazy nie oddziałuje bezpośrednio na obwód rezonansowy a energia w.c.z. przekazywana jest drogą indukcji.

Najlepsze warunki spełnia konstrukcja składająca się z dwóch płaszczyzn — pionowej płyty montażowej i poziomej podstawy. (Porównaj: konstrukcja odbiornika diodowego, rys. 6c).

Pomocne w biegłym posługiwaniu się schematami będą płytki służące do ćwiczeń montażowych. Pozwalają one na sprawne wykonywanie przejściowego schematu montażowego, na którym sprawdza się dany układ. Na rysunku 23 pokazano sposób wykonania przejściowego schematu montażowego na płycie perforowanej, na której zamontowano podstawowe elementy prostego odbiornika tranzystorowego.

Okoliczność ta ma istotny wpływ na poprawienie selektywności, czyli dobroć obwodu rezonansowego.

Zwojnica L_2 ma zazwyczaj 1/10 części liczby zwojów cewki L_1 .

Zwróćmy uwagę na zmiany w obwodzie tranzystora. Porównując poprzednio rozpatrywany schemat (rys. 18) z tym, który pokazuje rysunek 24, zauważymy, że pominięta została tu dioda detekcyjna, a funkcję demodulacji (detekcji) spełnia sam tranzystor. Jak to się dzieje? Otóż strukturę tranzystora umownie można zaznaczyć jako dwie szeregowo połączone diody. Jedną z tych umownych diod tworzy złącze baza-emiter, które właśnie wykorzystano do detekcji sygnału radiowego przekazywanego z cewki L_2 przez kondensator C_2 do bazy. Dzięki temu mamy kolejne udoskonalenie układu odbiornika.

Powróćmy do zespołu cewek, by rozpatrzeć funkcję cewki L_3 . Przez uzwojenie cewki L_3 przepływa prąd kolektorowy. Zawiera on sygnał zdemodulowany, w którym pozostała jeszcze część składowa fali nośnej, czyli prądy w.c.z., lecz już wzmocnione przez tranzystor. Udoskonalenie polega na tym, że dzięki zjawisku indukcji sygnał w.c.z. ponownie trafia do obwodu wejściowego na zasadzie dodatniego sprzężenia zwrotnego. Uzyskuje się przez to większe wzmocnienie, a więc lepszą wydajność układu i selektywność. Istnieje jednak warunek, od którego spełnienia jest uzależnione funkcjonowanie dodatniego sprzężenia zwrotnego. Ważne jest mianowicie, by sygnał w.c.z. płynący w obwodzie kolektorowym był odwrotnie ukształtowany (w radiotechnice mówi się: przesunięty w fazie o 180° względem sygnału wejściowego). Pamiętać należy o prawidłowym dołączeniu końcówek cewki L_3 do punktów a-b w obwodzie kolektorowym. Zbyt silne dodatnie sprzężenie zwrotne może powodować wzbudzenie się układu, czyli tzw. generację (wytwarzanie drgań własnych), która objawia się w słuchawkach silnym gwizdem. Zjawisko to występuje przy nadmiernym sprzężeniu indukcyjnym cewki L_3 z obwodem wejściowym. Dla uniknięcia tego niepożądanego efektu stosuje się:

- małą liczbę zwojów cewki: 3–5 (dobierać eksperymentując),
- ruchome uzwojenie umożliwiające regulację sprzężenia indukcyjnego.

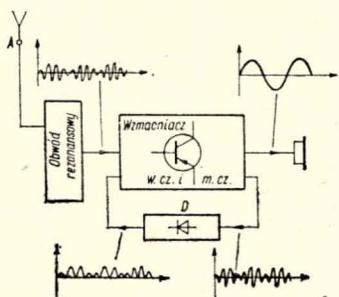
Badając opisywany układ doświadczalny, trzeba zwrócić szczególną uwagę na staranne wykonanie zespołu cewek. Uzwojenie tych cewek rozmieszcza się na pręcie ferrytowym (stosowanym do anten wewnętrznych) o średnicy zwojów \varnothing 8–10 mm i długości 90–100 mm.

Wykonanie zespołu cewek to nowe zadanie konstrukcyjne.

Zespół cewek L_1 , L_2 i L_3 trzeba traktować jako samoistny ważny człon odbiornika. Każda z tych cewek spełnia określone zadanie, bowiem pola energii w.c.z. wytwarzane wokół nich i skupiane dodatkowo przez rdzeń — działają wzajemnie na siebie. Powstaje jednak potrzeba regulacji stopnia ich wzajemnego sprzężenia. W tym właśnie celu uzwojenie cewki L_1 wykonuje się jako nieruchome, zaś cewki L_2 i L_3 powinny mieć uzwojenia nawinięte na tulejkach papierowych, co umożliwi przemieszczanie ich wzdłuż rdzenia.

Najpierw przystępujemy do nawijania cewki L_1 . Cewka ta dla fal średnich ma 70—80 zwojów o \varnothing 0,2 mm, a dla fal długich 240—260 zwojów o \varnothing 0,12 mm. Cewkę L_2 mającą odpowiednio mniej zwojów, (1/10 części zwojów cewki L_1) nawijamy przewodem \varnothing 0,2—0,25 mm na ruchomej tulejce papierowej i takim samym przewodem nawojowym wykonujemy cewkę L_3 (odpowiednio 3 lub 5 zwojów).

W udoskonalonym układzie trzeba regulować sprzężenie cewek oraz właściwie dołączyć końcówki cewki sprzężenia zwrotnego L_3 . Celowe jest zachowanie kolejności postępowania: najpierw trzeba przyłączyć cewki L_1 i L_2 , uruchomić odbiornik, sprawdzić jego działanie, a dopiero potem wprowadzić do układu obwód sprzężenia zwrotnego.



Rys. 25. Schemat blokowy układu reflexowego z wykresami sygnału radiowego wydzielonego w obwodzie rezonansowym, sygnału w. cz. wzmacnionego, sygnału po detekcji, sygnału m. cz. po wzmacnieniu.

Uruchomienie aparatu i próba odbioru audycji za pomocą udoskonalonego układu pozwoli na porównanie uzyskanych efektów w odbiorze audycji dzięki zastosowaniu sprzężenia zwrotnego. Na pewno wzrośnie czułość i selektywność, a w korzystnych warunkach poprawa jakości odbioru będzie tak znaczna, że uzyska się odbiór przy bardzo krótkiej antenie i bez uziemienia.

Jeśli zostanie zastosowany wysokosprawny tranzystor (o dużym współczynniku wzmacnienia), to może się okazać możliwość odbioru audycji przez głośnik radiowy.

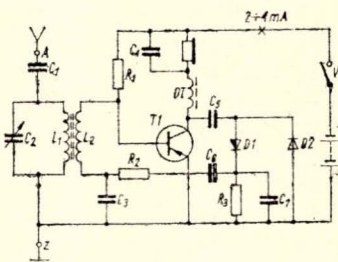
Opisane zasady funkcjonowania układu odbiornika z dodatnim sprzężeniem zwrotnym dają nam podstawę do jego wykonania. Sprawdzenie efektywności układu z dodatnim sprzężeniem zwrotnym powinno zachęcić każdego eksperymentatora do wykonania prób z jeszcze jedną interesującą koncepcją urządzenia radioodbiorczego.

Mam tu na myśli układ nazwany reflexowym. Zrealizowano w nim ideę dwukrotnego wykorzystania elementu wzmacniającego (tranzystora), w ten

sposób, że pełni on jednocześnie funkcję wzmacniacza w.c.z. oraz wzmacniacza m.c.z.

Zasadę funkcjonowania układu reflexowego wyjaśnimy posługując się schematem widocznym na rysunku 25. Sygnał w.c.z. wydzielony w obwodzie rezonansowym zostaje wzmacniony przez tranzystor, a następnie doprowadzony do członu detekcyjnego, w którym zachodzi detekcja. Wydzielony sygnał małej częstotliwości doprowadzany jest do bazy tego samego tranzystora; po wzmacnieniu zasila on słuchawki. Na tej zasadzie tranzystor pełni rolę wzmacniacza dla dwóch różnych sygnałów. Zapewnienie sprawnego funkcjonowania tego rodzaju układu wymaga wprowadzenia dodatkowych filtrów i elementów sprzęgających.

Do szczegółowego wyjaśnienia roli nowych elementów, posłużmy się schematem ideowym pokazanym na rysunku 26. W obwodzie kolektorowym



Rys. 26. Schemat ideowy odbiornika w układzie reflexowym: kondensatory stałe: C_1 — 51 pF, C_3 , C_7 — 0,01 μ F, C_5 — 330 pF, C_6 — 10 μ F, kondensator zmienny C_2 — 5—350 pF. Rezystory miniaturowe: R_1 — 0,1 M Ω , R_2 — 3,3 k Ω , R_3 — 10 k Ω .

włączone są szeregowo dwa elementy: dławik w.c.z. i uzwojenie słuchawek. Najpierw sygnał w.c.z. po wzmacnieniu przez tranzystor zostaje wydzielony na uzwojeniu dławika w.c.z., który stanowi dla niego przegrodę; dzięki temu jest kierowany przez kondensator stały C_5 do obwodu detekcyjnego złożonego z diod D_1 i D_2 włączonych w układzie podwójca napięcia. Sygnał po detekcji przepływa przez rezystor R_3 wytwarzając na nim spadek napięcia. Dalej sygnał m.c.z. jest kierowany przez kondensator C_6 do bazy tranzystora, gdzie zostaje wzmacniony. Drgania m.c.z. przepływają bez strat przez uzwojenie dławika w. cz. i dalej do słuchawek pobudzając w nich membranę do drgań. Uzwojenie słuchawek jest zbocznikowane kondensatorem C_4 , przez który pozostałość prądów w. cz. spływa do masy.

Wartości elektryczne elementów składowych odbiornika podano w podpisach pod rysunkiem 26. Układ odbiornika reflexowego nadaje się do zminiaturyzowania, ale radzimy najpierw uruchomić go, dokonując jednocześnie regulacji, na próbnej płytce montażowej. We własnym zakresie wykonujemy antenę magnetyczną oraz dławik w. cz. Do wykonania anteny użyć trzeba rdzenia ferrytowego o długości 100—130 mm i średnicy 8—10 mm. Uzwojenie anteny: cewka L_1 dla fal długich — około 240 zwojów (druć nawojowy w emalii — skrót DNE — o średnicy 0,12 mm), cewka sprzęgająca L_2 — 16—20 zwojów (przewód 0,15 lub 0,2 mm). Zespół cewek dla fal średnich będzie liczył odpowiednio: L_1 — 120 zwojów, a L_2 — 8—12 (dobierać eksperymentalnie) nawiniętych przewodem DNE 0,2 mm.

Dławik w.c.z. zaleca się wykonać z rdzenia kubkowego, względnie pierścienia ferromagnetycznego

o średnicy 14–16 mm. Uzwojenie powinno liczyć około 300 zwojów nawiniętych przewodem w emalii (o średnicy 0,1 mm).

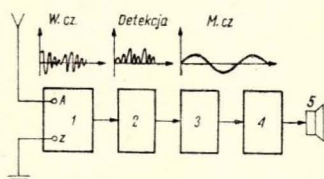
Należyte funkcjonowanie układu zależy w znacznym stopniu od właściwie dobranego tranzystora. W układzie refleksowym mogą być wykorzystane tranzystory przystosowane do pracy w obwodach w.c.z., a więc mające wysoki współczynnik wzmocnienia (ponad 80). W obwodzie detekcyjnym trzeba zastosować diody uniwersalne typu ostrzowego. Zmontowanie opisanego odbiornika na podstawie schematu ideowego nie powinno nastęcać trud-

9. ODBIORNIKI WIELOTRANZYSTOROWE

Dla celów użytkowych pożądane są aparaty bardziej wydajne od jednotranzystorowych, dające silniejszy odbiór audycji za pomocą głośnika.

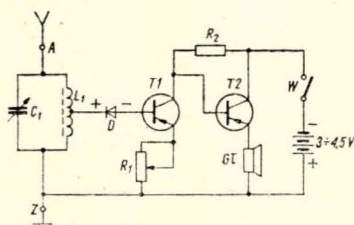
Doskonalenie urządzeń radioodbiorniczych polegać będzie na zwiększeniu czułości układu oraz wprowadzeniu udogodnień polegających na zastąpieniu anteny zewnętrznej — otwartej anteną magnetyczną wbudowaną w odbiornik.

Lepszą czułość można osiągnąć rozbudowując kilka członów układu przez zastosowanie większej liczby tranzystorów (rys. 27). Na pokazanym schemacie



Rys. 27. Schemat blokowy odbiornika wielocłonowego: 1 — obwód wejściowy, 2 — detektor, 3 — człon wstępny wzmacniacza m.c.z., 4 — człon końcowy wzmacniacza m.c.z., 5 — głośnik.

funkcje członu wejściowego i detekcyjnego pozostają nie zmienione. Sygnał m.c.z. uzyskany z detektora kierujemy dalej do dwustopniowego członu wzmacniającego. Uzyskuje się dzięki temu efekt zwiększenia siły sygnału m.c.z. Trzeba zaznaczyć, że parametry obwodu wejściowego, jego selektywność i czułość pozostają bez zmian.



Rys. 28. Prosty odbiornik z dwuczłonowym wzmacniaczem tranzystorowym: L_1 i C_1 — obwód rezonansowy, (dla fal średnich $L = 60$ – 100 zwojów, drut 0,35, odczep 1/2), C_1 kondensator 150–365 pF, D — dioda uniwersalna, T_1 i T_2 tranzystory p-n-p, małej mocy (β ponad 30), głośnik o oporze cewki około 8 Ω , R_1 — 2,8 k Ω do 34 k Ω , R_2 — 4,7 k Ω .

W układzie dwutranzystorowego odbiornika, którego schemat pokazano na rysunku 28, w członach wzmacniacza m.c.z. funkcjonują dwa tranzystory o strukturze p-n-p. Dzięki bezpośredniemu sprzężeniu pierwszego członu tranzystora z bazą końcowego tranzystora uproszczono tę część układu radioodbiorniczego. Trzeba pamiętać o właściwym dołą-

ności. Podczas uruchamiania układu należy zwrócić uwagę na dobór wartości rezystora R_1 (w granicach 80 k Ω –150 Ω). Układ refleksowy może zadowalająco pracować przy napięciu 3 V, pobór prądu wyniesie około 2,5 mA. Małe zużycie energii pozwala na zastosowanie dwóch miniaturowych ogniw, które mogą być użytkowane przez wiele tygodni.

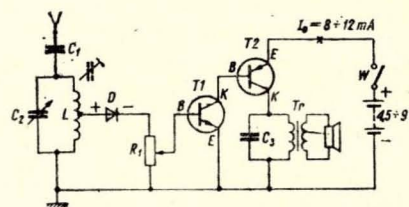
Opisane dwa przykładowe układy radioodbiornicze: jeden o dodatnim sprzężeniu zwrotnym, a drugi refleksowy dają orientację w podstawowych wersjach prostych odbiorników bezpośredniego wzmocnienia.

czeniu końcówek diody ostrzowej, zgodnie ze strukturą zastosowanego tranzystora (T_1).

Napięcie polaryzujące bazę pierwszego tranzystora uzyskuje się ze składowej stałej sygnału wyprostowanego (zdemodulowanego) diodą. Wytwarza on różnicę potencjałów na rezystorze regulowanym R_1 .

Układ członu wzmacniającego charakteryzuje się dużym uproszczeniem konstrukcyjnym. Zawiera on tylko dwa jednakowe tranzystory oraz jeden kondensator stały blokujący sygnał o wyższej częstotliwości (obcina pasmo akustyczne od strony wysokich dźwięków). Wartość tego kondensatora może się mieścić w granicach od 6800 pF do 10 nF, czyli 0,01 μ F. Można zastosować tranzystory germanowe małej częstotliwości i małej mocy; pożądany jest współczynnik β ponad 40.

Źródło zasilania może mieć napięcie 4,5–9 V, rezystancja głośnika lub słuchawki w granicach 34–40 Ω .



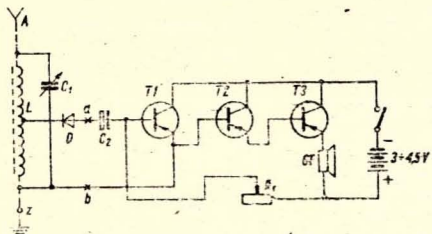
Rys. 29. Schemat odbiornika dwutranzystorowego z elementami T_1 , T_2 typu n-p-n i p-n-p; (małej mocy, m.c.z.), D — dioda uniwersalna, R_1 — potencjometr 100 k Ω , C_1 i C_2 — 100–120 pF, C_3 — 6800 pF, głośnik z transformatorem.

We wzmacniaczu zastosowanym w odbiorniku według drugiego wariantu (rys. 29) użyto tranzystorów o różnej strukturze: T_1 typu n-p-n i T_2 typu p-n-p, małej częstotliwości i małej mocy. Sygnał użyteczny wzmocniony przez tranzystor T_1 jest czerpany z kolektora, dalej przekazuje się do tranzystora T_2 , którego emiter włączono bezpośrednio do bieguna dodatniego źródła zasilania. W układzie tym sygnał wzmocniony czerpiemy z obwodu kolektorowego za pośrednictwem uzwojenia pierwotnego transformatora głośnikowego T_r , obciążenie użyteczne tego członu stanowi głośnik dynamiczny, którego cewka jest dołączona do wtórnego uzwojenia (moc głośnika 0,25–1,5 W).

W tym układzie charakterystyczny jest taki dobór warunków pracy tranzystorów, że w przypadku braku sygnału obie triody półprzewodnikowe są praktycznie „zatkane”, a prąd spoczynkowy czerpany z baterii wynosi zaledwie 0,1–0,2 mA. Pobór prądu oczywiście wzrasta, gdy podnosi się siłę głosu

i osiąga maksimum 8 do 12 mA. Wybrane warunki pracy wzmacniacza tranzystorowego przyczyniają się do oszczędnego zużycia energii elektrycznej czerpanej z baterii. Zaleca się stosować do zasilania opisanych układów baterię o napięciu 4,5–9 V (dwie szeregowo połączone baterie płaskie). Konieczne jest także wykorzystanie anteny zastępczej 12–18 m oraz uziemienia.

Zastanówmy się jeszcze nad projektem kolejnej wersji radioodbiornika, w którym stosuje się rozbudowany wzmacniacz m.cz. Wprowadzimy w nim dodatkowy człon wzmacniający z jednym tranzystorem T3 (rys. 30) włączonym na zasadzie bezpośred-



Rys. 30. Schemat prostego odbiornika z trzystopniowym wzmacniaczem tranzystorowym: T1, T2, T3 tranzystory germanowe m. cz., małej mocy, β ponad 30. Obwód rezonansowy, jak w układzie 29, kondensatory dodatkowe: C3 — 120 pF, C4 — 1000–1500 pF.

niego sprzężenia. Otrzymany układ radioodbiorniczy ma cztery elementy półprzewodnikowe: jedną diodę i trzy tranzystory.

10. DALSZY ULEPSZENIA W UKŁADZIE ODBIORNIKA

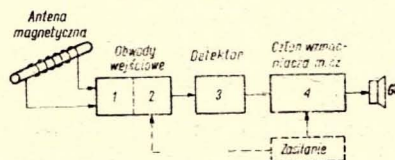
W rozpatrywanych poprzednio schematach prostych odbiorników radiowych uzyskiwaliśmy, po detekcji, dodatkowe wzmocnienie sygnałów m.cz. w członach końcowych.

Trzeba jednak zauważyć, że takie postępowanie przyczyniło się do zwiększenia siły sygnału, ale nie miało wpływu na poprawienie innych parametrów pracy odbiornika, zwłaszcza jego czułości.

Dążąc do udoskonalenia układu mamy dwa problemy do rozwiązania: dalszą rozbudowę wzmacniacza m. cz. (członu końcowego) i zwiększenie wzmocnienia słabych sygnałów radiowych w. cz. (członu wejściowego).

Przez rozbudowę układu w członach wejściowych i wyjściowych uzyskuje się powiększenie głośności. Rozbudowane człony wejściowe zapewniają także wzrost czułości radioodbiornika.

Podnoszenie czułości układu radioodbiorniczego daje w efekcie zdolność odbierania słabych sygnałów radiowych, a więc odleglejszych radiostacji.



Rys. 31. Schemat blokowy wielocłonowego odbiornika tranzystorowego: 1–2 obwody wejściowe wzmacniające sygnał radiowy w. cz., 3 — detektor, 4 — wielostopniowy wzmacniacz m. cz.

Do tej pory montowaliśmy układy eksperymentalne złożone z trzech głównych członów: wejściowego (obwód rezonansowy), detektora diodowego i wzmac-

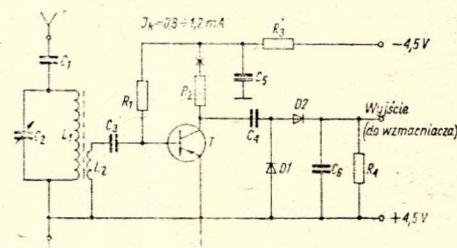
niacza punktu pracy członu wzmacniającego odbywa się za pomocą rezystora zmiennego R_1 . W członie wzmacniającym trzy tranzystory pracują w układzie o wspólnym kolektorze (OK). Człon wejściowy odbiornika w omawianej wersji pozostaje nie zmieniony. Uzasadnienie zastosowania trzech tranzystorów do wzmacniacza m.cz. wynika z tego, że posiadane tranzystory mogą mieć niski współczynnik wzmocnienia, np. β około 30.

Układ pokazanego na rysunku 30 aparatu można udoskonalić, wprowadzając dodatkowo sprzężenie zwrotne. Uzyskamy dzięki niemu większą czułość i selektywność układu.

Ba, ale jak to zrobić? Jak przyłączyć cewkę sprzężającą? Czy będą potrzebne jeszcze inne, dodatkowe elementy pojemnościowe i jakie? Trzeba pamiętać, że zmieniają się głównie warunki pracy pierwszego tranzystora, który wykorzystamy teraz w podwójnej funkcji — wzmacniania sygnału w.cz. i m.cz. Wydaje się, że problem ten powinien zachęcić do samodzielnych poszukiwań i eksperymentów. Wybór rozwiązania konstrukcyjnego aparatu trzeba podporządkować przeznaczeniu, jakie ma on spełniać. Układ aparatu można zmontować metodą tradycyjną, zestroić obwód rezonansowy na odbiór jednej radiostacji. Płytkę montażową odbiornika wraz ze źródłem zasilania można umieścić w obudowie głośnika, a sterowanie pracą odbiornika ograniczyć tylko do regulacji wzmocnienia — siły głosu.

niacza końcowego (dwustopniowego). W układzie udoskonalonym (rys. 31) wprowadzimy dodatkowo do obwodu wejściowego (rezonansowego) wzmacniacz w. cz., a po detektorze zastosujemy rozbudowany człon wzmacniacza m. cz.

Zagadnieniem nowym staje się układ członu wzmacniacza w. cz., który należy rozpatrzyć bliżej korzystając ze schematu ideowego, pokazanego na rysunku 32.



Rys. 32. Schemat członu wejściowego z detektorem diodowym: C1 — 120 pF, R1 — 470 k Ω , R2 — 3,3 k Ω , R3 — 2,7 k Ω , R4 — 100 k Ω (tolerancja $\pm 20\%$), C3, C4 — 6800 pF, C5 — 2–6 μ F, C6 — 1,5 nF.

Zwróćmy najpierw uwagę na obwód wejściowy. Mamy tu klasyczny obwód rezonansowy (C_2-L_1), ale jest jeszcze dodatkowa cewka L_2 sprzężona indukcyjnie z tym obwodem. Cewka L_2 pobiera energię w. cz. z obwodu rezonansowego i przekazuje ją do bazy tranzystora.

Obwód dla składowej prądu wielkiej częstotliwości zamyka się przez złącze baza—emiter.

Dzięki zastosowaniu sprzężenia indukcyjnego między obwodem rezonansowym a obwodem tranzystora uzyskuje się tzw. od tłumienie tego pierwszego, a w

efekcie lepszą czułość układu. Zespół dwóch cewek indukcyjnych nawiniętych na wspólnym pręcie ferrytowym tworzy antenę magnetyczną. Dalszym udoskonaleniem jest zastosowanie wydajnego detektora diodowego w układzie podwajacza napięcia (D1 i D2).

Rdzeń z żelaza sproszkowanego zwiększa wielokrotnie indukcyjność cewki w porównaniu do analogicznej cewki bez rdzenia. Antena z rdzeniem ferrytowym jest czuła na składowe magnetyczne pola elektromagnetyczne (fala radiowa ma dwie składowe: elektryczną i magnetyczną). Do materiałów mających własności ferromagnetyczne poza żelazem zalicza się: kobalt, nikiel oraz specjalne materiały niemetaliczne tzw. ferryty, nazywane też magnetodielektrykami. Ferromagnetyki wykorzystuje się szeroko we współczesnej technice prądów słabych. Z tych też materiałów wykonywane są antenowe pręty ferrytowe*.

Do budowy ferrytowych anten odbiorczych stosowane są pręty o długości kilkunastu centymetrów i średnicy około 10 mm. Na takich prętach rozmieszcza się cewki obwodu rezonansowego. Zwykle dla zakresu fal długich i średnich stosuje się jeden pręt antenowy. Anteny ferrytowe wykazują własności kierunkowe, dzięki czemu obwody rezonansowe odznaczają się dużą selektywnością. Mają one również własności eliminowania zakłóceń, np. pochodzących z wyładowań atmosferycznych wywołujących pola elektryczne.

Anteny ferrytowe umieszcza się poziomo, a najskuteczniej działa antena wtedy, gdy pręt jest ustawiony prostopadle do kierunku, w którym znajduje się stacja nadawcza.

Efektywność anteny magnetycznej (dobroć) zależy od kilku czynników. Jednym z nich jest tzw. wysokość skuteczna anteny, która jest wprost proporcjonalna do przekroju poprzecznego rdzenia i liczby zwojów. Z tego wniosek, że stosując grube rdzenie osiągamy większą skuteczność w zakresie fal długich niż średnich i krótkich, bowiem cewka anteny fal długich ma dużo zwojów. Przekrój rdzenia można powiększyć przez złożenie kilku prętów ferrytowych.

Przybliżone dane uzwojeń cewek dla anten magnetycznych przy zastosowaniu różnych rdzeni wynoszą:

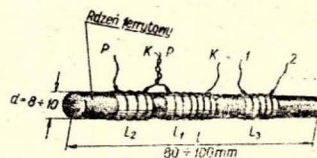
rdzeń	8 mm	10 mm	15 mm
zakres fal średnich — — zwojów	60—75	40—50	25—30
zakres fal długich — — zwojów	150—170	100—115	75—85

Cewka L_1 jako antena ferrytowa sprzęga się z obwodem bazy tranzystora za pośrednictwem dodatkowej cewki L_2 .

* Z materiałów ferromagnetycznych wykonuje się wiele części do obwodów radiowych. Oprócz prętów antenowych są produkowane rozmaite rdzenie gwintowane umożliwiające regulację indukcyjności, kubki z rdzeniami oraz kształtki do nawijania uzwojeń do transformatorów w. cz. Zastosowanie rdzeni ferrytowych polepsza własności elektryczne cewek indukcyjnych oraz umożliwia ich miniaturyzację.

Liczba zwojów cewki L_2 jest dobierana w stosunku 1/8 lub 1/10 ilości zwojów w cewce obwodu rezonansowego L_1 .

Roźmieszczenie uzwojeń anteny ferrytowej pokazano na rysunku 33. Maksymalną indukcyjność cewki uzyskuje się przy umieszczeniu jej symetrycznie po



Rys. 33. Rozmieszczenie cewek na pręcie ferrytowym.

obu końcach rdzenia. Uzwojenie cewki wejściowej dzieli się na kilka sekcji, obok umieszcza się cewkę sprzęgającą.

Warto jeszcze pamiętać, iż nie jest obojętne, jaki tranzystor stosuje się w członie wejściowym. Stopień wzmocnienia sygnałów w. cz. zależy głównie od jakości tranzystora. W omawianym układzie zaleca się wykorzystanie tranzystorów o współczynniku wzmocnienia β ponad 80. Diody detekcyjne mogą być dowolnego typu (uniwersalne), a istotne jest tylko prawidłowe połączenie ich wyprowadzeń. Przy regulacji i uruchamianiu stopnia wzmacniacza w. cz. trzeba dobierać wartość rezystora R_1 tak, aby prąd mierzony w obwodzie kolektora miał wartość w granicach 0,8—1,2 mA.

Rozpatrywany człon wzmacniacza w. cz. z detektorem diodowym wytwarza na swoim wyjściu sygnał m. cz., a przez to można go połączyć dalej z dwustopniowym wzmacniaczem m. cz., który montowany był wcześniej (rys. 30). Wytworzymy tym sposobem udoskonalony układ wielotranzystorowego odbiornika.

Istnieje możliwość dalszej rozbudowy układu radioodbiorniczego przez wprowadzenie dodatkowego stopnia wzmocnienia w. cz. i zastosowanie obwodu dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Dla przykładu podajemy schemat pięciotranzystorowego odbiornika, w którym zastosowano siedem elementów półprzewodnikowych. Jak wynika ze schematu uwidocznionego na rysunku 34, w układzie tym zastosowano dwustopniowy wzmacniacz sygnałów w. cz., w którym pracują tranzystory T1 i T2, małej mocy, w. cz., detektorowy powielacz z diodami D1 i D2 oraz trzystopniowy wzmacniacz m. cz. — T3 do T5.

Stosowanie dodatkowego stopnia wzmacniacza sygnałów w. cz. ma uzasadnienie tylko wówczas, kiedy w stopniu pierwszym znajdzie się tranzystor o niskim współczynniku wzmocnienia (np. β poniżej 80). Stosując wysokosprawny tranzystor krzemowy mający współczynnik β ponad 200 można układ w. cz. odbiornika ograniczyć do jednego stopnia wzmocnienia.

Rozpatrzmy układ takiego odbiornika. W obwodzie wejściowym zastosowano antenę magnetyczną. Sygnał radiowy czerpany z uzwojenia cewki L_2 dalej jest wzmacniany kolejno przez T1 i T2. Warunki elektryczne, w jakich funkcjonują te tranzystory, są takie same, a przez to wartości rezystorów R_1 i R_2 oraz R_3 i R_4 są odpowiednio sobie równe, podobnie jak i wielkości kondensatorów C_2 , C_3 i C_4 . Po detekcji sygnał m. cz. jest przekazywany z potencjometru R_6 do wzmacniacza końcowego. Potencjometr służy do regulacji siły sygnału (napięcie sterujące reguluje wzmocnienie m. cz.). Z jego pokrętkiem może być

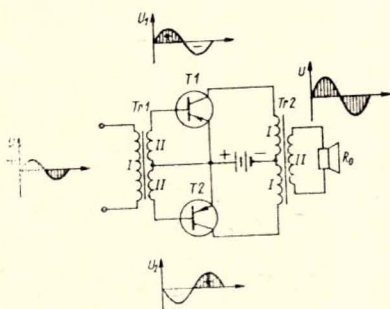
sprzężony wyłącznik źródeł zasilania. W układzie wzmacniacza m. cz. zastosowano tranzystory o różnej strukturze: tranzystor T3 jest typu n-p-n, zaś tranzystory T4 i T5 mają strukturę p-n-p. Dwa końcowe tranzystory zostały sprzężone bezpośrednio. W obwodzie kolektorowym końcowego tranzystora jest włączony tranzystor dopasowujący głośnik, który można pominąć, jeśli zastosuje się głośnik mający cewkę drgającą o oporze około 40 omów.

Przystępując do opracowania konstrukcji omawianego odbiornika, dobrze jest wykonać układ próbny w celu doboru warunków pracy poszczególnych tranzystorów. Doświadczalnie należy dobierać wartość rezystorów R_1 i R_3 załączonych w obwodach kolektorowych T1 i T2, dokonując przy tym pomiarów natężenia prądu w punktach zaznaczonych (x) na schemacie (rys. 34).

11. WZMACNIACZ KOŃCOWY

Dwie ważne cechy układów wzmacniaczy przeciwso-bnych m. cz. sprawiły, że są one często wykorzystywane jako człony końcowe w bardziej rozbudowanych radioodbiornikach amatorskich. Znane jest wiele wersji wzmacniaczy omawianego typu, chociaż wszystkie są oparte na zasadzie odwracania fazy sygnału i wzmacniania połówek każdego jego impulsu w dwóch ramionach układu.

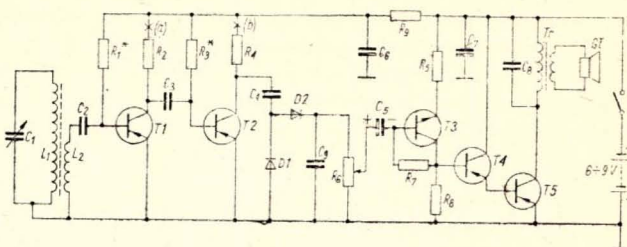
Zasadę funkcjonowania wzmacniacza przeciwso-bnego rozpatrzmy na rysunku 35. Każdy z transformatorów: wejściowy i wyjściowy ma po trzy uzwojenia spełniające określone role.



Rys. 35. Zasada działania wzmacniacza przeciwso-bnego z transformatorowym odwracaniem fazy: Tr1 — transformator wejściowy, Tr2 — transformator wyjściowy.

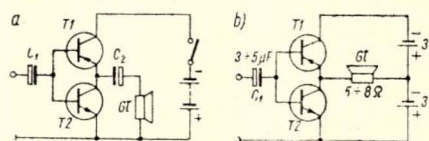
Po doprowadzeniu na wejściu sygnału elektrycznego w uzwojeniach wtórnych, symetrycznych względem siebie, zostają wyindukowane sygnały o przeciwnych fazach: gdy na bazie T1 pojawia się półokres dodatni, to wówczas baza T2 otrzymuje półokres ujemny. Warunki pracy tranzystorów dobiera się w taki sposób, aby każdy z nich wzmacniał tylko jedną połówkę sygnału. Natomiast transformator ma dwa symetryczne uzwojenia pierwotne, przez które przepływają wzmocnione połówki sygnału. Pod wpływem indukcji w jego uzwojeniu wtórnym uzyskuje się sumaryczny przebieg sygnału elektrycznego, odtwarzanego następnie przez głośnik jako dźwięk. Wzmocnienie sygnału osiągamy oczywiście korzystając z energii elektrycznej czerpanej ze źródła prądu stałego.

Z wykresów pokazanych na rysunku 35 można wywnioskować, że przepływ prądu w obwodach kolektorowych obu tranzystorów odbywa się impulsami;



Rys. 34. Schemat ideowy odbiornika wieloczołowego (antena magnetyczna według opisu): C_1 — kondensator zmienny 175 pF do 350 pF, C_2, C_3, C_4 — 6800 pF, C_5, C_6 — 1500 pF, C_7 — 3–12 μ F, R_1, R_3 — 27 k Ω , R_2, R_4 — 2,1 k Ω , R_5 — 233 k Ω , R_6 — 100 k Ω , R_7 — 270 k Ω , R_8 — 470 k Ω ; tranzystory T1, T2 typu p-n-p małej mocy (β ponad 60), T3 typu n-p-n małej mocy (β ponad 40), T4, T5 typu p-n-p małej mocy (β ponad 40). Głośnik o mocy 0,5–1,5 W z transformatorem.

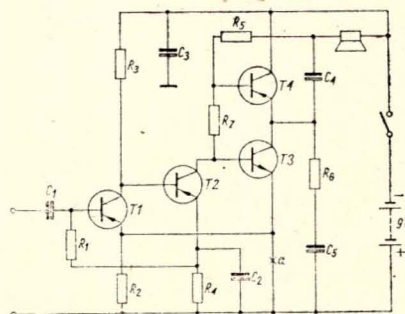
gdy wzrasta jego natężenie w T1, to maleje w T2, bo przez połowę okresu tranzystory są „zatkane”. Ze źródła płynie więc prąd tylko w chwili pojawienia się sygnału, a to daje oszczędne zużycie energii zasilającej.



Rys. 36. Tranzystorowe układy wzmacniaczy przeciwso-bnych beztransformatorowych: a) z kondensatorem rozdzielczym, b) o bezpośrednim zasilaniu głośnika.

Drugą zaletą przeciwso-bnych układów jest ich wysoka jakość pracy, ponieważ wzmocnienie sygnałów odbywa się przy minimalnych zniekształceniach, które łatwo korygować wprowadzając tzw. ujemne sprzężenie zwrotne. Można więc powiedzieć, że rozpatrywane układy charakteryzują się wysoką wydajnością i jakością.

W konstrukcjach rzadko stosuje się transformatorowe odwracanie fazy, bo znacznie wygodniej można to zrobić za pomocą odpowiednich tranzystorów.



Rys. 37. Schemat ideowy wzmacniacza m. cz. z przeciwso-bnym członem końcowym: C_1 — 8 μ F/12V, C_2 — 16 μ F/12V, C_3 — 50 μ F/12V, C_4 — 100 μ F/25V, C_5 — 8 μ F/12V, R_1 — 15 k Ω , R_2 — 150 k Ω , R_3 — 12 k Ω , R_4 — 360 Ω , R_5 — 3,3 k Ω , R_6 — 27 k Ω , R_7 — 150 Ω , głośnik 4–8 Ω (0,5–1,5 W), a — punkt pomiarowy.

Na rysunku 36a i b pokazano dwie wersje uproszczonych układów przeciwso-bnych. Na rysunku 37 pokazano schemat z rysunku 36a zastosowany w układzie wzmacniacza wielostopniowego. Zamontowano w

nim trzy tranzystory p-n-p i jeden n-p-n. Pobór prądu w stanie spoczynkowym nie przekracza 5 mA, a przy pełnym wysterowaniu wynosi około 50 mA (napięcie zasilania około 9 V). Opisany wzmacniacz można zastosować jako wysokosprawny człon w różnych układach radioodbiornych, np. w przystawce UKF.

We wzmacniaczu wyróżniamy dwa stopnie wzmocnienia wstępnego (T1 i T2). Zastosowano w nich tranzystory o strukturze p-n-p. Służą one do sterowania przeciwsobnego stopnia końcowego, w którym mamy parę komplementarną, tj. tranzystory n-p-n i p-n-p o zbliżonych charakterystykach (m. cz.).

Jak wynika ze schematu ideowego (rys. 37), sygnał wzmocniony doprowadza się przez kondensator C_1 do bazy tranzystora T1, który ma w obwodzie kolektorowym dwa rezystory R_1 i R_2 . Rezystor R_1 przyczynia

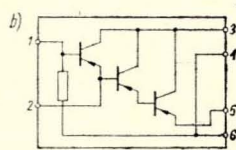
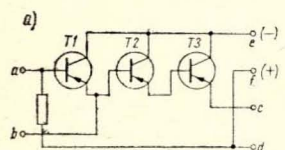
się do powstawania napięcia polaryzacji dla bazy w tranzystorach T2 i T3, zaś rezystor R_2 stanowi głównie obciążenie dla tranzystora T1. Między członami układu zastosowano sprzężenie bezpośrednie. W celu wyrównania charakterystyki częstotliwości wzmacniacza zastosowano w nim sprzężenie zwrotne za pośrednictwem rezystora R_3 obejmujące wszystkie jego człony. Wartość tego rezystora trzeba dobrać doświadczalnie po uruchomieniu układu. Głośnik jest zasilany przez kondensator elektrolityczny o pojemności od 50 do 100 μF (napięcie pracy minimum 25 V). Opór (impedancja) cewki głośnika powinien zawierać się w granicach 6–8 Ω , chociaż praca wzmacniacza z głośnikiem o oporze 15 Ω jest też dobra. Moc wyjściowa wzmacniacza, przy zastosowaniu odpowiednich tranzystorów, wyniesie około 300 mW, co jest wystarczające w odbiornikach kieszonkowych.

12. SCALENIE ELEMENTÓW PÓLPRZEWODNIKOWYCH

W rozpatrywanych schematach urządzeń radioodbiornych stosowane były elementy półprzewodnikowe jako samoistne przyrządy elektronowe.

Poszczególne diody i tranzystory w układach radiowych spełniają rozmaite funkcje, zgodnie z zadaniami zaprojektowanymi dla poszczególnych członów danego układu. W każdym urządzeniu radioelektronicznym można wyróżnić wiele członów funkcjonalnych.

W odbiorniku zaprojektowanym na rysunku 30 zastosowano trzystopniowy wzmacniacz m. cz. Wzmacniacz ten można zmodyfikować (rys. 38a) przekształcając go w układ scalony. Na rysunku tym mamy trzy samoistne tranzystory sprzężone galwanicznie (elektrody pierwszego elementu są połączone z elektrodami drugiego itd.).



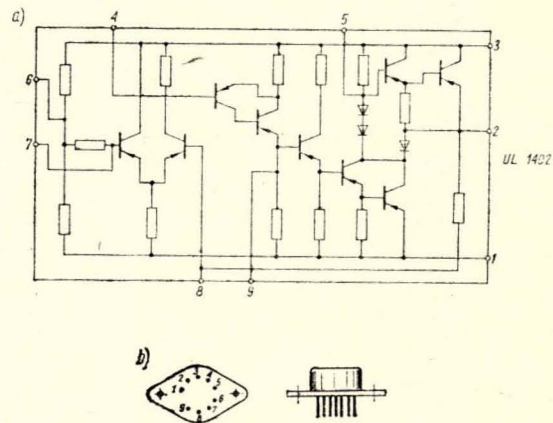
Rys. 38. Schemat ideowy trzystopniowego wzmacniacza (a) i jego umowne przekształcenie w układ scalony (b).

Postępując w ten sposób otrzymamy rozwiązania, które można przedstawić graficznie za pomocą schematu (rys. 38b). Wprowadzone zmiany polegają więc na utworzeniu z całego członu wzmacniacza jednolitego podzespołu*.

Można powiedzieć, że dokonaliśmy scalenia (zespolenia) kilku elementów półprzewodnikowych w jeden zwarty człon — układ scalony. Produkowane dziś układy scalone, zawierające po kilkanaście elementów półprzewodnikowych w jednej obudowie (małej kostce), znakomicie upraszczają technologię montażu urządzeń oraz przyczyniają się do ich miniaturyzacji.

* Produkowane są układy scalone o różnych charakterystykach, do których wytwórci projektują od razu optymalne schematy elektroniczne, podając jednocześnie warunki elektryczne i termiczne niezbędne do ich właściwego funkcjonowania.

Na rysunkach przykładowych układów scalonych użyto uproszczonych symboli półprzewodników, ukazując tylko rodzaj złącza zastosowanego w przyrządzie (bez symbolu obudowy); pola prostokątów oznaczają zamknięte w obudowie zespoły elementów połączonych ze sobą w odpowiedni układ. Do zacisków wyjściowych a-b (rys. 39) doprowadza się sygnał sterujący, do zacisków c-d zasilanie, zaś z zacisków e-f czerpie się wzmocniony sygnał, który może zasilać głośnik.



Rys. 39. Schemat ideowy układu scalonego typu UL 1402 (a) oraz jego obudowa (b).

Przemysł produkuje układy scalone o różnym przeznaczeniu. Znajdują one zastosowanie w radioodbiornikach fabrycznej produkcji. Na przykład w odbiorniku Pionier-stereo wykorzystano układ scalony typu UL 1402. Schemat tego układu jest zamieszczony na rysunku 39. Omawiany typ układu scalonego zawiera ogółem dwanaście elementów półprzewodnikowych (dziewięć tranzystorów i trzy diody) wykonanych systemem monolitycznym wraz z rezystorami.

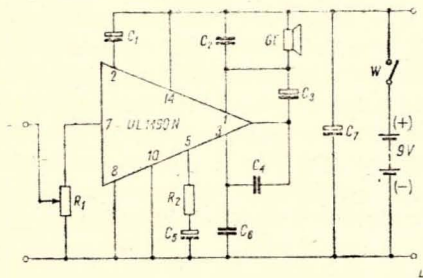
Układ scalony UL 1401 (2, 3) jest umieszczony w obudowie metalowej przypominającej tranzystor dużej mocy, np. TG 70, ale mającej dziewięć nóżek (końcówek) rozmieszczonych na obwodzie koła. „Scalaki” ten jest praktycznie układem wzmacniacza napięciowego z członem końcowym, który przystosowano do wzmacniania sygnału m. cz. Moc wyjściowa wzmacniacza sięga około 1,5 W.

13. WZMACNIACZE Z UKŁADAMI SCALONYMI

Przed rozpoczęciem budowy wzmacniacza trzeba dokonać wyboru, podyktowanego własnymi potrzebami, między wzmacniaczem m. cz. z układem scalonym UL 1490N a wzmacniaczem z układem UL 1402. Różnią się one mocą sygnału wyjściowego i napięciem zasilania oraz rodzajem obudowy i sposobem wyprowadzenia końcówek (porównaj rys. 39 i 41).

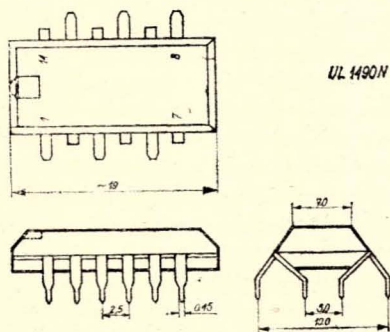
Omawiane układy scalone są podzespołami o dosyć uniwersalnym przeznaczeniu do urządzeń zasilanych z baterii. Wzmacniacze takie można wykorzystać do rozmaitych celów praktycznych, np. do zasilania sygnałem wyjściowym głośnika średniej wielkości (1,5—3 W), do gitary elektrycznej, gramofonu lub odbiornika własnej konstrukcji.

Do wejścia wzmacniacza może być doprowadzony sygnał elektryczny z adaptera, gramofonu elektrycznego lub z prostego odbiornika detektorowego. Użyteczność wzmacniacza z układem scalonym jest duża, a to uzasadnia celowość wykonania go dla potrzeb amatorskich.



Rys. 40. Schemat ideowy wzmacniacza m. cz. z układem scalonym typu UL 1490N, C_1 — 50 μF , C_2 — 0,1 μF , C_3 — 500 μF , C_4 — 390 μF , C_5 , C_7 — 100 μF , C_6 — 2,7 nF, R_1 — 47 k Ω , R_2 — 120 Ω .

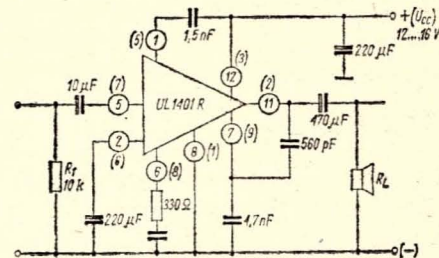
Schemat ideowy wzmacniacza m. cz. z układem scalonym UL 1490N pokazano na rysunku 40. Uwzględniono w nim proponowane przez wytwórnictwo warunki elektryczne niezbędne do prawidłowego funkcjonowania. Układ scalony, o którym mówimy, pokazany jest na schemacie w postaci trójkąta, którego wierzchołek wskazuje kierunek transmisji sygnału (wyjście układu). Wyprowadzenia z odpowiednich obwodów układów scalonych oznacza się cyframi arabskimi. Odpowiadają one końcówkom (nóżkom) wyprowadzonym na zewnątrz jego miniaturowej obudowy.



Rys. 41. Szkic wymiarowy obudowy układu scalonego UL1490N i oznaczenia wyprowadzeń; wartość napięcia zasilającego $U_c = 9\text{ V}$, moc wyjściowa układu $P_o = 0,55\text{ W}$.

Typowa obudowa układu scalonego o wymiarach $20 \times 7\text{ mm}$ ma czternaście wyprowadzeń, po siedem z każdej strony kostki (rys. 41).

Jak widać na schemacie ideowym wzmacniacza, wykorzystano tylko niektóre końcówki (właściwe dla danego urządzenia). W opisywanym wzmacniaczu



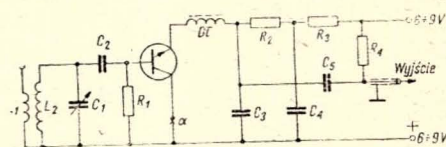
Rys. 42. Schemat ideowy wzmacniacza z układem scalonym UL1401, 2, 3 R oraz UL1401, 2, 3 L. Oznaczenia wyprowadzeń podane w nawiasach dotyczą oznaczonych symbolem L.

m. cz. wykorzystuje się wyprowadzenia (końcówki) 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 14. Do dziewięciu nóżek trzeba więc podłączyć odpowiednie elementy elektroniczne (bierne) pokazane na schemacie oraz podłączyć zasilanie (napięcie 9 V).

Sygnał wejściowy doprowadzony jest przez potencjometr służący do regulacji wzmocnienia. Elektryczne warunki funkcjonowania obwodów układu scalonego zapewniają dodatkowe elementy pojemnościowe (kondensatory i rezystory); wartości ich podano w podpisach pod rysunkiem 40.

Sygnał użyteczny, po wzmocnieniu, jest podawany z wyjścia układu scalonego (nóżka 1) na zaciski cewki drgającej głośnika mającej opór 8—15 Ω .

Wzmacniacz z układem scalonym typu UL 1490N wytwarza moc sygnału wyjściowego 0,55 W. Praktycznie może więc służyć do różnych układów doświadczalnych (moc wielu odbiorników turystycznych nie przekracza 0,3 W). Zaletą tego wzmacniacza jest mały pobór prądu przy napięciu 9 V (stosuje się dwie baterie płaskie połączone szeregowo).



logia montowania układu scalonego jest tylko pozornie łatwa i prosta. Miniaturyzacja elementu elektronicznego, jakim jest układ scalony, wymaga zastosowania małych narzędzi. Moc lutownicy potrzebnej do lutowania połączeń nie może przekraczać 16 W, a końcówka robocza powinna być należycie ukształtowana.

Doświadczalny wzmacniacz m. cz. na układzie scalonym wygodnie jest montować na płytce z laminatem miedzianym przy zastosowaniu połączeń metodą druku. Do wykonania połączeń zaleca się stosować cienki przewód miedziany posrebrzany. Nóżki (końcówki) układu scalonego umieszcza się w otworach nawierconych wiertłem 0,75–1,0 mm w płytce izolacyjnej o grubości około 1,5 mm.

Montaż połączeń oraz rozmieszczenie elementów

najlepiej wykonać po drugiej stronie płytki, baczna numerację wyprowadzeń.

Istotną sprawą jest zastosowanie we wzmacniaczu pełnowartościowych kondensatorów elektrolitycznych, które decydująco wpływają na należyte funkcjonowanie wzmacniacza.

Warto pamiętać, że urządzenie będzie pracować dobrze również wtedy, jeżeli użyjemy elementów o odchyłkach w granicach $\pm 20\%$ wartości nominalnej.

Do zasilania wzmacniacza prądem stałym wykorzystuje się dwie baterie płaskie połączone szeregowo, które wraz z płytką montażową, potencjometrem i wyłącznikiem można zamontować w pudełku plastikowym wyposażonym w typowe gniazdo mikrofonowe (np. WM3) oraz gniazdo do przewodu głośnikowego.

14. ODBIÓR RADIOWY NA FALACH ULTRAKRÓTKICH

Programy radiofoniczne na falach UKF są przekazywane za pośrednictwem wielu nadajników obejmujących swym zasięgiem bardzo znaczny obszar kraju. Radiostacje UKF pracują na różnych pasmach rozmieszczonych pomiędzy kanałami telewizyjnymi I i III, a częstotliwości fal nośnych wynoszą: od 65,99 MHz (np. Katowice—Bytów) do 72,71 MHz (np. Kielce—Św. Krzyż). Jak wynika z przytoczonych danych, mamy do czynienia z odbiorem fal elektromagnetycznych o bardzo dużej częstotliwości.

Charakterystyczne jest to, że na falach ultrakrótkich stosuje się inny sposób modulacji niż na falach długich, średnich czy krótkich. Nakładanie sygnału o częstotliwości akustycznej na falach UKF — modulacja — odbywa się przez odchylenie (dewiację) częstotliwości fali nośnej FM, a nie przez zmiany amplitudy AM, jak to ma miejsce na falach dłuższych.

Modulacja częstotliwości wykazuje wiele zalet, które w sumie umożliwiają przekazywanie audycji bez zniekształceń. Dlatego mówimy o wysokiej jakości odbioru sygnałów UKF. Istota FM tkwi w tym, że amplituda fali nośnej pozostaje bez zmian, a sygnał modulujący — użyteczny, powoduje „przesuwanie się” w pewnych granicach częstotliwości fali nośnej od częstotliwości podstawowej. W tym przypadku konieczne jest stosowanie innego sposobu demodulacji — wydzielania sygnału użytecznego z fali nośnej.

Najprostszym rozwiązaniem tego zagadnienia jest dyskryminator (odpowiednik detektora dla AM), pracujący na zboczu krzywej rezonansowej w układzie superreakcyjnym. W radioaparatach przemysłowej produkcji na zakresie UKF pracują specjalne głowice UKF. Układ takiej głowicy jest dosyć złożony, a jej zestrojenie wymaga specjalnej aparatury pomiarowo-kontrolnej.

Poznanie techniki odbioru UKF, w warunkach amatorskich, można rozpocząć od wykonania i uruchomienia układu radioodbiorczego z najprostszym dyskryminatorem superreakcyjnym. Cechuje go duża czułość, a jednocześnie jest on stosunkowo łatwy do wykonania.

W aparatach przystosowanych do odbioru fal metrowej długości obwody rezonansowe składają się z cewek indukcyjnych i kondensatorów, ich wartości są niewielkie: cewka ma kilka zwojów, a kondensator zaledwie kilka pikofaradów. Własności re-

zonansowe obwodu zależą nawet od rozsuwania zwojów cewki na jej korpusie, jak również jakości przewodów łączących te elementy.

Specjalne wymagania stawia się tranzystorom, które mają zapewnić stabilną pracę układu przy wielkich częstotliwościach. Dzięki przyrządom półprzewodnikowym w.cz. wykonanym z krzemu, jakimi są tranzystory typu BF 519 czy BF 520, możliwe było osiągnięcie dobrych rezultatów funkcjonowania takiego układu. Tranzystory te charakteryzują się wysokimi współczynnikami wzmocnienia oraz wysokimi częstotliwościami granicznymi pracy.

Funkcjonowanie odbiornika UKF z najprostszym detektorem superreakcyjnym (inaczej dyskryminatorem) rozpatrzmy posługując się schematem ideowym, pokazanym na rysunku 43. Dla przejrzystości narysowano na nim tylko jednotranzystorowy człon dyskryminatora FM z obwodem rezonansowym, zaś człon wielostopniowego wzmacniacza m.cz. z głośnikiem należy zastosować według wcześniejszych opisów.

Najistotniejszą rolę w omawianym układzie odgrywa obwód wejściowy z członem detekcyjnym. Przebiegi elektryczne w detektorze superreakcyjnym dają w efekcie szum superreakcyjny, który jest tłumiony przez sygnał radiostacji podczas odbioru. W układzie odbiornika pracuje jeden tranzystor w.cz., mający częstotliwość graniczną powyżej 150 MHz (nadają się do tego celu, jak już mówiono, tranzystory krzemowe). Sygnał radiowy z anteny płynie przez cewkę L_1 i drogą indukcji zasila obwód rezonansowy L_2 i C_1 . Kondensator stroikowy C_1 służy do strojenia obwodu na żądane pasmo, czyli częstotliwości fali nośnej UKF. W obwodzie emiterowym tranzystora jest włączony dławik w.cz. oraz elementy pojemnościowe i rezystywne (oporowe) C_3 i R_2 , które zapewniają właściwą pracę układu superreakcyjnego. Zasilanie obwodów tranzystora prądem stałym odbywa się przez komórkę filtra R_3 i C_4 , zadaniem której jest przeciwdziałanie wzbudzeniu się układu odbiornika.

Dwa ważne elementy składowe odbiornika: zespół cewek oraz dławik w.cz. wykonać trzeba zgodnie z podanymi dalej wskazówkami. Cewka obwodu rezonansowego L_2 powinna mieć indukcyjność około 0,12 mH. Do wykonania cewki o takiej indukcyjności potrzebny jest korpus o średnicy zewnętrznej

10 mm. Nawija się na nim cztery zwoje przewodem 1,0 mm, a długość uzwojenia wyniesie około 8 mm. Identycznym przewodem nawija się obok cewkę antenową L_1 o dwóch zwojach (najlepiej użyć posrebrzanego przewodu miedzianego).

Uzwojenie dławika w.c.z. liczy 60 zwojów nawiniętych na korpusie izolacyjnym o średnicy 5–6 mm przewodem miedzianym w emalii DNE o średnicy 0,1 mm (jednowarstwowo).

Dławik w.c.z. włączony do obwodu emitera spełnia ważną rolę w układzie dyskryminatora — przegradza on drogę prądom w.c.z., a przepuszcza z minimalnymi stratami sygnał m.c.z. i prąd stały.

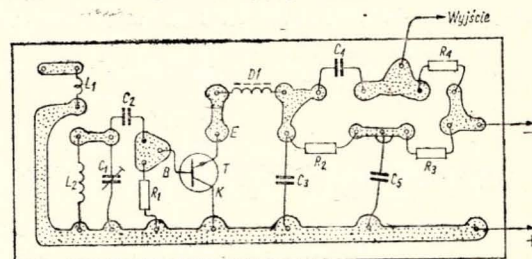
Sygnał użyteczny uzyskany z dyskryminatora superreakcyjnego wprowadza się przez kondensator C_5 na wejście wzmacniacza m.c.z. (drugi przewód stanowi masa tego układu). Do współpracy z opisanym odbiornikiem UKF można wykorzystać zrobiony wcześniej wzmacniacz m.c.z. z układem scalonym np.: UL 1490N lub innym, co znakomicie uprości montaż całego układu.

Do zmontowania złącza dyskryminatora UKF stosuje się płytkę izolacyjną z laminatem miedzianym, a obwody wykonuje się metodą druku.

Przykład rozmieszczenia części składowych (schemat montażowy) dla płytki z obwodami drukowanymi pokazano na rysunku 44. Z powodzeniem można też wykonać połączenia metodą pseudodruku.

Z uruchomieniem układu wiąże się szereg czynności. Po sprawdzeniu jakości montażu należy połączyć odbiornik ze wzmacniaczem i głośnikami oraz źródłami zasilania (o napięciu 6–9 V) i sprawdzić warunki elektryczne pracy tranzystora T. Przy braku sygnału (gdy antena nie jest włączona), w obwodzie kolektora powinien płynąć prąd o natężeniu około 0,8–0,9 mA. Regulację warunków pracy dokonuje się przez dobór wartości rezystora R_1 w granicach 80–100 k Ω .

Dopiero po uruchomieniu dyskryminatora superreakcyjnego można przystąpić, przy włączonej antenie, do zestrojenia obwodu rezonansowego. Polega ono na dopasowaniu indukcyjności cewki L_2 oraz pojemności kondensatora C_1 do częstotliwości roboczej (fali nośnej) radiostacji lokalnej UKF. Indukcyjność cewki można zwiększyć przez zbliżanie (zsuwanie), a zmniejszyć przez rozsuwanie jej zwojów. Do regulacji pojemności kondensatora C_1 trzeba sporządzić pomocniczy wkretak z materiału izolacyjnego, aby wyeliminować wpływ ręki na układ. W momencie dokładnego zestrojenia do pasma fali nośnej, szum superreakcyjny zanika.



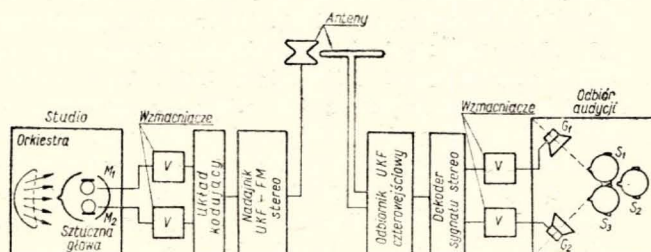
Rys. 44. Płytkę montażową przystawki UKF.

Opisany uproszczony układ odbiorczy UKF umożliwia odbiór programu przy zastosowaniu anteny o długości 1–2 m (przewód miedziany lub aluminiowy o średnicy około 2,5 mm) w promieniu około 30–40 km od radiostacji.

Płytkę montażową odbiornika UKF trzeba zamknąć w obudowie z materiału przewodzącego (blachy mosiężnej lub cienkiej blaszki z puszek po konserwach). Ekran metalowy (elektrostatyczny) niweluje szkodliwe wpływy zewnętrzne — np. ręki — które powodują przestrajanie się obwodu rezonansowego przystosowanego do odbioru sygnałów bardzo wielkiej częstotliwości. Odbiornik łączy się ze wzmacniaczem kabelkiem ekranowym.

15. STEREOFONIA I PSEUDOSTEREOFONIA

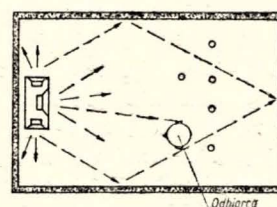
Dotychczasowe eksperymenty w zakresie radioelektroniki opierane były na systemie jednokanałowym (monofonicznym). W technice odtwarzania audycji radiowych dąży się różnymi metodami do uzyskania możliwie największej wierności wrażeń dźwiękowych u słuchaczy. Doskonalone są środki techniczne zapewniające odczuwanie przestrzenności odbioru różnych źródeł dźwięku — stereofonia.



Rys. 45. Zasada nadawania i odbioru audycji stereofonicznych drogą radiową.

Do przekazywania drogą radiową audycji stereofonicznych stosuje się system dwukanałowy (na pasmach UKF). Po stronie nadawczej dźwięki są odbierane za pomocą dwóch mikrofonów rozmieszco-

nych w sztucznej głowie (rys. 45). Uzyskane z tych mikrofonów sygnały elektryczne są wzmacniane niezależnie, a następnie odpowiednio kodowane



Rys. 46. Zasada przestrzennego odtwarzania dźwięku (pseudostereofonia) metodą jednokanałową.

i przekazywane do anteny nadawczej. Odbiór audycji stereofonicznych wymaga zastosowania specjalnych urządzeń pomocniczych — stereodekoderów oraz dwóch kanałów wzmacniających wraz z niezależnymi systemami głośnikowymi.

Najlepszy efekt odbioru audycji stereofonicznych osiąga się w pomieszczeniu o powierzchni około 45 m² i kubaturze 140 m³. Zaleca się ustawianie głośników w odległości około 3,5 m od siebie. Ważny jest również kąt promieniowania głośników, który

wyбира się w granicach od 45° do 60° ; kolumny głośnikowe ustawia się w pewnej odległości od ścian.

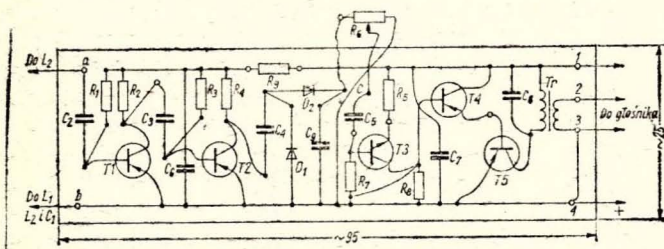
Trzeba jednak zauważyć, że samo już zastosowanie dwóch źródeł dźwięku (głośników) odsuniętych od siebie na znaczną odległość poprawia efekt wrażenia słuchowych. Doskonałe rezultaty można też uzyskać stosując słuchawki stereofoniczne.

Często stosuje się też środki zastępcze umożliwiające na drodze elektroakustycznej wywołanie efektu

słyszania przestrzennego. System ten jest znany pod nazwą pseudostereofonii. Zasada odbioru w tym systemie jest pokazana na rysunku 46. Odbiornik jednokanałowy, posiadający odpowiednią moc wyjściową, zasila kolumnę głośnikową, mającą kilka głośników rozmieszczonych na trzech ścianach. W ten sposób uzyskuje się wielokierunkowe promieniowanie dźwięków, dające wrażenie przestrzenności. Zachęcamy do wykonywania początkowo eksperymentów z urządzeniami pseudostereofonicznymi.

16. UWAGI O TECHNOLOGII MONTAŻU UKŁADÓW RADIOODBIORCZYCH

Przed przystąpieniem do montowania układów radioelektronicznych trzeba przekształcić schemat ideowy w układ rzeczywisty, w którym wszystkie elementy będą prawidłowo rozmieszczone i połączone. Stosuje się wiele sposobów sporządzania schematów montażowych. Czynności montażowe można rozpocząć od rozmieszczenia elementów bezpośrednio na płytce z materiału izolacyjnego (np. rezokartu grubości około 2 mm). Przewody łączące prowadzi się po drugiej stronie płytki. Inny sposób wykonania schematu montażowego przedstawiono na rysunku 47. Odpowiada on schematowi ideowemu z ry-



Rys. 47. Schemat montażowy odbiornika wieloczęstotliwościowego.

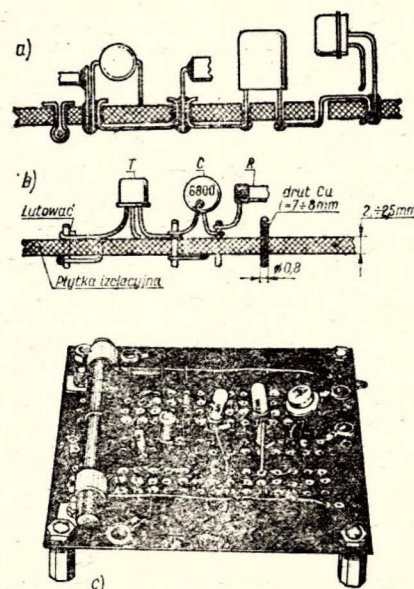
sunku 34. W omawianym schemacie montażowym zastosowano symbole graficzne poszczególnych części. Ukazano na nim rzeczywiste obwody połączeń z zachowaniem zasady najkrótszych odległości i przejrzystości. Sposób ten często jest nazywany metodą pseudodruku. Jak wynika z rysunku, w tym przypadku pomocne są dwa główne obwody — jeden jest wspólnym plusem, drugi zaś wspólnym minusem. Końcówki elementów układu odbiorczego są połączone w punktach lutowniczych. Od prawidłowego ich wykonania zależy jakość całego montażu.

Następny sposób polega na zastosowaniu wsporników z drutu miedzianego pocynowanego. Ułatwia to wymianę elementów składowych. Zasadę wykonywania montażu na wspornikach ilustruje rysunek 48b. W płytce montażowej (z materiału izolacyjnego — nielaminowanego) wykonuje się siatkę otworów o średnicy odpowiadającej grubości wsporników, np. $\phi 0,8$ mm. Rozmieszczenie ich powinno być zgodne ze schematem montażowym. Wsporniki w postaci odcinków drutu o długości 7–8 mm wciska się tak, że z jednej strony płytki wszystkie mają wysokość około 3–4 mm, zaś z drugiej około 1 mm. Do dłuższych końców wsporników przylutowuje się elementy, a krótsze (po drugiej stronie płytki) łączy się odcinkami przewodów. Lutowanie połączeń powinno odbywać się po wstępnym mechanicznym zamocowaniu części składowych przez zaciśnięcie ich końcówek wokół wsporników. Do po-

łączeń wskazane jest stosowanie gołego drutu miedzianego o grubości 0,4–0,5 mm.

Kolejny sposób wykonania trwałych połączeń montażowych polega na zastosowaniu pętli z zawiniętymi końcówkami. Pętli wykonuje się z gołego drutu miedzianego o grubości 0,4–0,5 mm. Zamiast drutu można zastosować paski cienkiej blachy miedzianej. Montaż wykonuje się po nawierceniu siatki otworów o średnicy około 3 mm. W otworach umieszcza się najpierw pętliki, a następnie wprowadza końcówki elementów przeznaczonych do przylutowania w danym punkcie. Grubość płytki montażowej powinna być większa niż 1,5 mm.

Montowanie obwodów tym sposobem ma szereg zalet. Po pierwsze jest łatwe do wykonania bez specjalnych narzędzi. Po drugie umożliwia swobodne wprowadzanie zmian do układów eksperymentalnych — wystarczy wywiercić dodatkowy otwór, założyć pętlikę i wykonać nowe połączenie. W razie potrzeby demontaż również nie przysparza kłopotów, bowiem wszystkie części po wylutowaniu można ponownie wykorzystać w innym układzie.



Rys. 48. Sposoby montażu elementów układu na płytkach izolacyjnych: a) za pomocą pseudodruku, b) za pomocą końcówek kołków lutowniczych, c) na płytce perforowanej.

Nowoczesny sposób wykonywania montażu układów elektronicznych polega na zastosowaniu metody druku. Obwody drukowane wykonuje się na płytkach laminowanych, w których na materiał izolacyjny została naniesiona warstwa miedzi. Podstawowa operacja technologiczna polega na przeniesieniu ry-

sunku schematu montażowego (obwodów) na laminat za pomocą odpowiedniego lakieru kryjącego, np. nitro, a następnie wytrawieniu — usunięciu — metodą chemiczną zbędnej warstwy miedzi. W ten sposób powstają ścieżki przewodzące.

W warunkach amatorskich płytę laminowaną najwygodniej jest trawić w kuwecie fotograficznej. Do naczynia wlewa się wodny roztwór nasyconego chloru żelazowego (FeCl_3). Do roztworu wkłada się płytkę z przygotowanym obwodem drukowanym (rysunkiem), płaszczyną miedzianą ku dołowi, tak aby cała powierzchnia płytki była zwilżona roztworem.

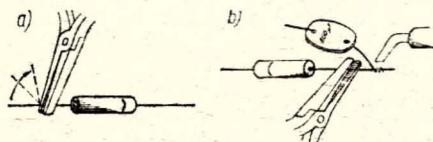
Trawienie płytki przebiega zgodnie z reakcją chemiczną, którą można wyrazić wzorem: $2\text{FeCl}_3 + \text{Cu} = 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$. W czasie tej reakcji miedź ruguje żelazo z chloru. Chlorek miedzi opada na dno naczynia, a na jego miejsce wchodzi nowa porcja chloru żelazowego. Płytkę należy trawić od 15 do 20 minut; im dokładniej przebiegnie trawienie, tym mniejsze staje się prawdopodobieństwo wystąpienia nadżerek w ścieżkach przewodzących.

Po zakończeniu trawienia płytkę należy opłukać w czystej wodzie i wysuszyć. Lakier znajdujący się na ścieżkach wytrawionej płytki trzeba zmyć flanelką nasyoną rozpuszczalnikiem. Po usunięciu lakieru z płytki należy ją ponownie dokładnie wysuszyć, a następnie starannie powlec kalafonią rozpuszczoną w denaturacie. Pokrycie płytki kalafonią ułatwi lutowanie połączeń oraz zabezpieczy ścieżki przewodzące przed utlenieniem (korozją).

Elementy składowe o większych wymiarach, np. potencjometry, kondensatory obrotowe trzeba szczególnie starannie zamocować dodatkowymi uchwytami lub obejmami. Pręty ferrytowe należy mocować tak, aby nie powstawały naprężenia mechaniczne, które mogłyby stać się przyczyną ich pęknięcia. Istotne też jest zwrócenie uwagi, aby uchwyty mocujące te pręty nie tworzyły wokół rdzenia pierścieni metalowych.

Podczas montażu należy zwrócić uwagę na sposób postępowania z elementami czynnymi: diodami i tranzystorami. Niewłaściwe obchodzenie się z tymi elementami może doprowadzić do trwałych uszkodzeń. Najczęściej diody i tranzystory ulegają defektom w czasie lutowania. Uszkodzenia te mogą być dwójakiego typu: mechaniczne bądź elektryczne.

Pierwszy rodzaj uszkodzeń powstaje przy zginaniu końcówek (wyprowadzeń elektrod) diod lub tranzystorów w miejscu bezpośredniego ich wtopienia do obudowy. Powstające naprężenia mechaniczne powodują nadłamanie wyprowadzeń, co czasami doprowadza do zniszczenia półprzewodnika. Aby zgiąć końcówkę, należy uchwycić wyprowadzenie odpowiednimi płaskoszczypcami i i zgiąć ją po przeciwnej stronie wtopienia, czyli za płaskoszczypcami (rys. 49a).



Rys. 49. Zasady obchodzenia się z diodą półprzewodnikową ostrzową; a) przy zginaniu końcówek; b) przy lutowaniu połączeń.

Drugie niebezpieczeństwo wynika z możliwości przegrzania elementów półprzewodnikowych w czasie lutowania połączeń. Aby uniknąć uszkodzenia pół-

przewodników w czasie lutowania, trzeba zapewnić odprowadzenie ciepła przez uchwycenie wyprowadzenia diody bądź tranzystora między punktem lutowania a obudową płaskoszczypcami lub pincetą, które spełniają rolę blokady cieplnej (rys. 49b).

Do lutowania używa się lutownicy niezbyt małej, a więc mającej dużą pojemność cieplną.

Istnieje jeszcze niebezpieczeństwo elektrycznego uszkodzenia elementów półprzewodnikowych będące następstwem przekroczenia dopuszczalnego napięcia. Przekroczenie to może nastąpić przy lutowaniu, gdy końcówka lutownicy jest zwarta z grzejnikiem zasilanym z sieci.

Trzeba także zwracać uwagę na prawidłowe włączenie elektrod elementów półprzewodnikowych do biegunów źródeł zasilania, bowiem niewłaściwe przyłączenie może również doprowadzić do ich uszkodzeń.

W celu uniknięcia uszkodzenia diod i tranzystorów radzimy zapamiętać ogólną wskazówkę: wszelkie zmiany w połączeniach układu elektronicznego wykonuje się przy odłączonych źródłach zasilania.

Jakość pracy odbiorników wielotranzystorowych zależy nie tylko od doskonałości schematu ideowego, ale w dużym stopniu od prawidłowego montażu. Pod pojęciem prawidłowy montaż rozumiemy takie rozmieszczenie części składowych, przy którym nie powstają szkodliwe sprzężenia zakłócające.

Dla uniknięcia niepowodzeń proponujemy montowanie odbiornika przeprowadzać po próbnym uruchomieniu całego układu, czyli po sprawdzeniu jego działania i elektrycznym dopasowaniu poszczególnych elementów. Pomniejszanie wymiarów płytki montażowej potęguje możliwości występowania najrozmaitszych sprzężeń między obwodami w.c.z. Z tych właśnie względów nie zalecamy początkującym radio-konstruktorom przystępowania do budowy miniaturowych aparatów.

Wykonanie układu montażowego traktujcie jako bardzo ważny etap samodzielnej pracy twórczej. Warto przy tym pamiętać, że znacznie łatwiej i prościej jest przeprowadzić szereg istotnych zmian na rysunku szkicowym, niż wykonać nawet drobne przekształcenia w układzie rzeczywistym.

Warto obmyślić „rozbudowaną” płytkę montażową, w której oprócz siatki otworów zostałyby zamontowane podstawowe elementy każdego układu, np.: kondensator zmienny, potencjometry, głośnik. Do wykonania takiej płytki montażowej najlepiej nadaje się rezokart o grubości około 2 mm. Wymiary zewnętrzne płytki montażowej powinny być tak dobrane, by łatwo było wymieniać elementy składowe nawet najbardziej rozbudowanych układów. Zalecamy następujące założenia dla odbiorników bezpośredniego wzmocnienia: dwustopniowy człon wzmocnienia w.c.z., detektor diodowy z podwajaczem napięcia i wielostopniowy wzmacniacz m.c.z. Przyjąć należy, że na jeden tranzystor (element czynny) w układzie przypadają cztery rezystory i dwa kondensatory w członie np. w.c.z.

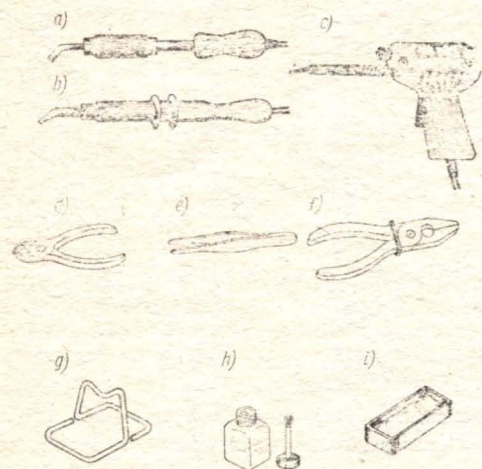
Sporo miejsca wymaga też beztransformatorowy wzmacniacz m.c.z. ze względu na zastosowanie w nim kondensatorów dużej pojemności. Uniwersalna płytka powinna stwarzać możliwość modyfikacji wybranych układów, które dopiero po wstępnym sprawdzeniu i dobraniu wartości poszczególnych elementów można montować na stałe.

17. Lutowanie Połączeń

Wykonywanie prac montażowych wymaga lutowania spoiwem miękkim (niskotopliwym).

Zdobycie umiejętności i wprawy w lutowaniu potrzebne jest każdemu radioamatorowi. Od jakości wykonywanych połączeń zależy niezawodność funkcjonowania aparatury radioelektronicznej.

W montażu ręcznym używane są lutownice elektryczne. W kolbie lutowniczej energia elektryczna przemieniona jest na ciepło pobierane z końcówki lutowniczej. Stosuje się lutownice z grzejnikami i lutownice transformatorowe.



Rys. 50. Przybory do lutowania miękkiego: a), b) lutownice elektryczne średniej mocy, c) lutownica transformatorowa, d) ucinak boczny, e) pinceta, f) szczypce wydłużone, g) podstawka do lutownicy, h) naczynie do kalafonii w płynie, i) rynienka do kalafonii.

W lutownicach z grzejnikami (rys. 50 a, b) grot miedziany wraz z grzejnikiem jest zamknięty w osłonie metalowej, łączącej się konstrukcyjnie z trzonkiem drewnianym. Przez trzonek wyprowadzony jest dwużyłowy giętki przewód elektryczny zakończony wtyczką widelkową. Moc lutownic do prac elektronicznych nie powinna przekraczać 40 W.

W lutownicach transformatorowych spłaszczona końcówka, z drutu o średnicy około 1,5 mm, jest zasilana prądem o wielkim natężeniu i niskim napięciu czerpanym z wtórnego uzwojenia transformatora umieszczonego w rękojeści lutownicy. Nagrzewanie końcówki następuje tylko w chwili naciśnięcia łącznika przyciskowego (rys. 50 c). Lutownica transformatorowa ułatwia wykonywanie lutowania połączeń w obwodach miniaturowych urządzeń radioelektronicznych.

Trzeba pamiętać, że proces lutowania polega na

wykonaniu trwałego połączenia przewodników za pomocą spoiwa miękkiego. Aby wykonać prawidłowy lut, konieczne jest spełnienie warunków:

- termicznego, czyli właściwego rozgrzania miejsca lutowanego,
- chemicznego, czyli należytej czystości w miejscu lutowanym.

Dla spełnienia pierwszego warunku konieczne jest ogrzewanie miejsca przez pewien czas (kilkanaście sekund), zaś spełnienie drugiego wymaga stosowania materiałów pomocniczych nazywanych topikami. Do lutowania obwodów radiotechnicznych jako topiku używa się kalafonii. Wygodnie jest używać kalafonii rozpuszczonej w denaturacie — o konsystencji gęstego surowego ciasta. Dobre wyniki daje też stosowanie drutu lutowniczego.

W pracach lutowniczych mamy do czynienia z łączeniem końcówek różnych elementów. Do sprawnego wykonywania czynności przygotowawczych i pomocniczych niezbędny jest mały zestaw przyborów. Będą to: ucinaki boczne, pinceta, płaskoszczypce wydłużone. We własnym zakresie należy wykonać z drutu stalowego podstawkę pod lutownicę, przygotować w małym naczyniu roztwór kalafonii z denaturatem oraz drewnianą rynienkę na kalafonię krystaliczną (rys. 50 d, e, f, g, h, i).



Rys. 51. Czynności przygotowawcze do lutowania połączeń: a) czyszczenie mechaniczne grotu lutownicy, b) czyszczenie chemiczne, c), d) roztapianie i pobieranie lutu cynowego, e) oczyszczanie końcówki rezystora kalafonią, f) pokrywanie końcówki rezystora spoiwem.

Aby prawidłowo zlutować końcówki należy (rys. 51): grot końcówki tradycyjnej lutownicy elektrycznej oczyścić z tlenków miedzi lub wyrównać pilnikiem ubytki materiału, następnie zanurzyć rozgrzaną końcówkę w kalafonii, roztopić trochę cyny i „pobielić” grot; odrobina lutu cynowego pozostającego na grocie pobielić końcówkę np. rezystora, używając kalafonii jako topika usuwającego zanieczyszczenia z jej powierzchni.

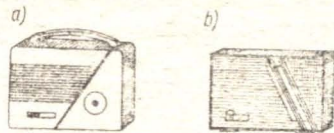
18. OBUDOWY ODBIORNIKÓW I GŁOŚNIKÓW

Każdy przedmiot użytkowy powinien odpowiadać określonym wymogom estetycznym. Pozostaje więc zaprojektowanie obudowy. Ma ona stanowić zewnętrzną funkcjonalną i ciekawą osłonę całego układu oraz przyczyniać się do dobrego brzmienia dźwięku. Wchodzą tu więc również w grę jej własności rezonansowe.

Najmniej trudu wymaga zastosowanie pudełka plastikowego lub gotowej obudowy głośnika. Takie postępowanie zalecamy początkującym radioamatorom (rys. 52).

Przystępując do montowania układu, który chcecie umieścić w danej obudowie, trzeba przeprowadzić próby rozmieszczenia płytki montażowej, po-

kręteł regulujących, zamocowania baterii itp. Dopiero po wykonaniu kilku przymiarek można przystąpić do czynności związanych z ich zamocowaniem.



Rys. 52. Projekty obudów do przenośnych odbiorników tranzystorowych: a) obudowa z płytek polistyrenowych, b) obudowa wykonana z kartonu.

Do samodzielnego wykonania obudowy doskonale nadają się kolorowe płytki polistyrenowe o grubości 2 mm. Przygotowanie materiałów sprowadzi się do wycięcia płytek o zaprojektowanych wymiarach, wyrównania krawędzi, a następnie sklejenia ich w całość.

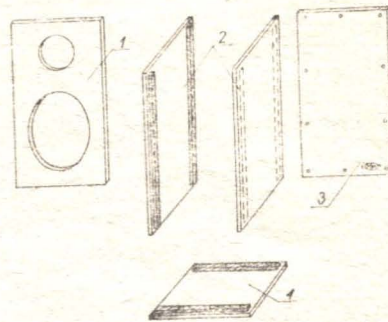
Do sklejenia elementów obudowy stosuje się polistyrocement — klej odpowiedni do łączenia wyrobów polistyrenowych.

W warunkach amatorskich można uzyskać dobre brzmienie audycji stosunkowo prostymi środkami. Z tego właśnie względu zachęamy do wykonania własnymi siłami obudowy do głośnika o mocy 1,5—3,0 W. Aby zmniejszyć koszty, trzeba zadowolić się jednym głośnikiem uniwersalnym (szerokopasmowym), można go kupić albo wykorzystać głośnik używany. Do tego celu nadają się np. głośniki GD14-9/3 lub GD13-18/3. Dolna częstotliwość rezonansowa tych głośników wynosi około 110 Hz, zaś górna 13 000 Hz, opór 4 Ω . Głośnik taki daje dobry efekt odtwarzania dźwięku w niewielkiej obudowie z otworem.

Podstawowe materiały potrzebne do wykonania obudowy głośnikowej w warunkach amatorskich to sklejka lub twarda płytka wiórowa (deski są mniej odpowiednim materiałem). Grubość sklejki powinna wynosić 10—12 mm. Gdy nie możemy zdobyć dostatecznie grubych płyt, wówczas płytę czy też sklejkę należy pogrubić przez naklejenie warstwy materiału pochłaniającego dźwięk: grubej tektury, filcu prasowanego, miękkiej płyty pilśniowej.

Elementy małej obudowy przedstawiono na rysunku 53. Składa się ona z płyty czołowej z otworami, ścianki tylnej i czterech ścianek bocznych. Poszczególne ścianki powinny być starannie dopasowa-

ne, a następnie złożone klejem kazeinowym i wkrętami do drewna. Ścianki boczne są wzmocnione listewkami. Płyta czołowa ma dwa otwory — owalny na głośnik i okrągły z przytwierdzoną okrągłą rurką stanowiącą tunel akustyczny. Do rurki tej przy-mocowuje się sztywny cylinder z rury winidurowej (lub skleiony z kilku warstw tektury). Głośnik powinien być tak umocowany wkrętami, aby nie powstawały szczeliny pomiędzy koszem głośnika a płytą obudowy. Stosować należy podkładki z miękkiej tektury lub gąbki.



Rys. 53. Część składowa obudowy do głośnika uniwersalnego: 1 — płytka czołowa z otworem na głośnik i otworem tunelowym, 2 — ścianki boczne, 3 — ścianka tylna, 4 — ścianka dolna i górna; przybliżone rozmiary zewnętrzne obudowy: 300x190x160 mm.

Wewnątrz obudowa może być wyłożona gąbką lub zastępczo dartymi szmatami bawełnianymi, kawałkami starej kołdry itp. Materiał tłumiący należy włożyć do odpowiedniej wielkości poszewek uszytych z płótna i przytwierdzić do bocznych ścianek. Trzeba pamiętać, aby wykładzina nie dotykała membrany głośnika.

Tkaninę ozdobną maskującą głośnik przytwierdza się do specjalnej ramki lub przykleja do przedniej płyty. Tkanina powinna być rzadka i lekka (tkaniny obciowe nie nadają się do tego celu).

Wyprowadzenie przewodów od cewki głośnika należy zakończyć typowym gniazdem miniaturowym zamontowanym w tylnej ściance obudowy. Do dna obudowy należy przytwierdzić cztery gumowe nóżki (odboje), co zmniejszy przenoszenie jej drgań na podłoże.

Kolumna głośnikowa może być wykorzystywana do prób wszystkich tranzystorowych urządzeń radioodbiornych i wzmacniających.

19. URUCHAMIANIE I REGULACJA AMATORSKICH URZĄDZEŃ RADIOODBIORCZYCH

Wykonanie radioodbiornika amatorskiego jest związane z wieloma różnymi problemami technicznymi. Obejmują one wybór schematu, przeprowadzenie montażu próbnego, eksperymentalny dobór warunków pracy elementów czynnych, sporządzenie montażu właściwego, wykonanie obudowy, a wreszcie próbę uruchomienia i regulację czynnego układu. Zdarza się dosyć często, że sprawdzony przy próbnym montażu układ radioodbiorny po zmontowaniu, zwłaszcza w zminiaturyzowanych rozwiązaniach, nie daje zadowalających wyników. Z czego to wynika i jak temu przeciwdziałać?

Po zmontowaniu, włożeniu płytki montażowej do obudowy i włączeniu zasilania w każdym złożonym aparacie radioodbiornym mogą ujawnić się zakłóce-

nia lub silne zaburzenia uniemożliwiające odbiór audycji. Ze zjawiskami takimi nie spotykamy się przy uruchamianiu najprostszyc odbiorników ze względu na ich niską czułość oraz małą ilość elementów składowych i członów wzmacniających. Sytuacja komplikuje się, gdy wzrasta złożoność układu, kiedy wprowadza się wiele stopni wzmacnienia. Wytwarzają się wówczas szkodliwe sprzężenia objawiające się w głośniku gwizdami.

Większość zakłóceń powodują sprzężenia zwrotne (dodatnie), objawiające się samowzbudzeniem układu. Najczęściej samowzbudzenia powstają w członach w.c.z., a więc obwodach anten magnetycznych i stopni wzmacniających. Charakter sprzężeń pasożytniczych może być dwojaki: magnetyczny i elektryczny.

Usuwanie samowzbudzenia trzeba rozpocząć od zbadania przyczyny jego powstawania.

Najpierw należy upewnić się, czy prawidłowo funkcjonuje wzmacniacz m.cz. Dodatkowym kondensatorem (o pojemności 0,02 lub 0,025 μF) zwiera się bazę pierwszego tranzystora (po diodzie detekcyjnej) z ogólnym przewodem (+). Przez ten kondensator zamyka się drogę prądom w.cz. przenikającym tu z obwodu detektora. Zlikwidowanie zjawiska samowzbudzenia będzie dowodzić o niedostatecznej filtracji tych prądów.

W przypadku, gdy samowzbudzenie nie ustaje przy zwartym dla w.cz. (za pomocą kondensatora) wejściu wzmacniacza m.cz., trzeba szukać jego źródła w obwodach wysokiej częstotliwości (wzmocnienia w.cz.). Badania zaczyna się od upewnienia, czy nie występuje sprzężenie pasożytnicze przez antenę magnetyczną. W tym celu wystarczy zewrzeć przewodem cewkę L_2 odłączając tym samym antenę od całego układu. Jeśli efekt sprzężenia zanika, to jego źródło zostało wykryte — trzeba zmienić położenie anteny względem reszty układu. Kolejne samowzbudzenie może następować na skutek wzajemnego oddziaływania między elementami stopnia w.cz. Za pośrednictwem anteny magnetycznej może powstawać szkodliwe sprzężenie zwrotne o charakterze elektrostycznym. Zjawisko to występuje przy zbyt bliskim umieszczeniu elementów składowych wzmacniacza w.cz. Zmieszenie oddziaływania pola elektrostatycznego daje się osiągnąć stosując ekranowanie między anteną a pozostałymi elementami wzmacniacza w.cz. Ekranem jest pasek folii miedzianej owinięty w cienki materiał izolacyjny. Umieszczenie ekranu elektrostycznego może wpłynąć na zlikwidowanie sprzężeń zwrotnych także w innych częściach układu.

Sprzężenie zwrotne może mieć charakter pojemnościowy, gdy następuje za pośrednictwem niefortunnego ułożenia przewodów sąsiadujących ze sobą obwodów (sytuacja taka zdarza się przy wykonaniu montażu metodą pseudodruku). Przesunięcie przewodów względem siebie likwiduje zazwyczaj szkodliwe sprzężenie zwrotne w przypadku montażu przestrzennego.

W szczególnie trudnych do zlokalizowania zjawiskach dodatnich sprzężeń, stosuje się „odsprężenia”,

czyli ujemne sprzężenia zwrotne. Wywołuje się je przez włączenie specjalnych komórek filtracyjnych.

Konieczność takiego postępowania zdarza się stosunkowo rzadko, najczęściej wystarczy zastosować wymienione wcześniej sposoby.

Uruchamianie i użytkowanie wszelkich radioelektronicznych urządzeń tranzystorowych wymaga oczywiście stosowania źródeł energii elektrycznej. Najszerszej wykorzystuje się do tego celu chemiczne źródła w postaci suchych ogniw i baterii niskonapięciowych. Cechą charakterystyczną tego typu źródeł jest „starzenie się”. Procesy chemiczne zachodzą w ogniwie ciągle (nawet wówczas, gdy nie jest ono obciążone), z tego powodu traci ono po pewnym czasie zdolność wytwarzania energii elektrycznej. Zrozumiałe jest, że przemiany chemiczne najintensywniej zachodzą w czasie pobierania z ogniwa prądu przez obwód zewnętrzny: żaróweczkę, układ tranzystorowy. Przyjmuje się, że napięcie jednego ogniwa suchego (typu Leclanchého) wynosi 1,5 V. W rzeczywistości z chwilą włączenia odbiornika napięcie nowego ogniwa spada do 1,4 V, a w miarę zużycia się do 0,9 V.

W handlu można spotkać wiele typów ogniw suchych nadających się do zasilania aparatów tranzystorowych. W większości konstrukcji opisanych w tej książce można z powodzeniem stosować płaskie baterie do laterek kieszonkowych. Praktycznie przeznacza się je do okresowej, stosunkowo krótkotrwałej pracy w latarkach przy poborze prądu o natężeniu około 0,3 A. Pobór prądu przy zasilaniu najszybszych konstrukcji tranzystorowych będzie w większości przypadków ponad dziesięciokrotnie mniejszy, a więc około 20–30 mA. Z tych względów baterie chemiczne mogą służyć dłuższy czas, zwłaszcza że układy półprzewodnikowe będą pracować sprawnie nawet przy spadku napięcia o 25–30%. Przydatność ogniw i baterii z powodzeniem można sprawdzić za pomocą odpowiednich małych żaróweczek, np. o napięciu 2,5 V lub 3,5 V. Obserwacja jasności świecenia żarówki pozwoli na ustalenie przydatności baterii. Zużyte lub zleżałe ogniwa i baterie tylko przez kilka chwil doprowadzają do obwodu energię, bo ich napięcie szybko spada, co objawia się osłabieniem światła żarówki.

20. PRAWIDŁOWA ORGANIZACJA MIEJSCA PRACY

Stosowanie zasad dobrej organizacji miejsca pracy uchroni od straty czasu na przewracanie wszystkiego dnem do góry w poszukiwaniu jakiegoś detalu. Uwaga rozprasza się, mijają chwile, a postępu w zaplanowanej pracy nie widać. Uchronicie się od tego utrzymując posegregowane części i narzędzia w ładzie i porządku.

Organizując miejsce pracy miejmy na uwadze:

- przechowywanie własnego zestawu narzędziowego,
- przechowywanie posegregowanych elementów radiowych w małych pudełkach z napisami,
- gromadzenie materiałów montażowych w skrzyneczce.

Propozycji form zorganizowania miejsca pracy może być wiele.

Pamiętać trzeba, żeby stół, na którym będziecie

pracować, przykryć podkładką ochronną (np. gumowym chodniczkiem).

Ważnym zadaniem jest przygotowanie kompletu małych pojemników do przechowywania drobnych elementów radiotechnicznych i montażowych. Do tego celu nadają się pudełka po zapalniczkach, które trzeba skleić, owijając całość paskiem brystolu w jeden odpowiedni blok, np. 20–30 sztuk pudełek razem. Na każdej szufladce zamocujcie po jednym wkręcie (M3) z nakrętkami wraz z nałożoną tulejką z rurki izolacyjnej dla ułatwienia ich wysuwania i zasuwania. W takich mini-zasobnikach można przechowywać rezystory, małe kondensatory oraz diody i tranzystory. Do przechowywania większych części nadają się pudełka plastikowe od różnych opakowań.

Do przechowywania narzędzi potrzebna będzie ka-

seta drewniana z zasuwanyim wieczkiem. Powinny się w niej znajdować: szcypce uniwersalne, ucinaki boczne, szcypce płaskie wydłużone, pinceta, nóż monterski, pilnik płaski i okrągły, szydło, wkrętaki 2,3—5 mm, mały młotek (150—200 g), imadelko, wiertarka ręczna jednobiegowa (do 6 mm), komplet wiertel (1 i 5—6 mm), pudełko z kalafonią oraz lutownica elektryczna (40—60 W).

Zaopatrywanie się w odpowiednie materiały jest kłopotliwe, ale warto wiedzieć, że znaczne możliwości daje pozyskiwanie elementów z demontażu wykorzystywanych różnych urządzeń radiotechnicznych.

21. CHARAKTERYSTYKI TECHNICZNE ELEMENTÓW RADIOTECHNICZNYCH

Podstawowe części składowe radioodbiorników można podzielić na elementy półprzewodnikowe (zwane też elementami czynnymi) oraz różnorodne elementy biernie: zwojnice (cewki indukcyjne), kondensatory i rezystory. Wszystkie wymienione elementy, do których zaliczamy jeszcze słuchawki i głośniki, charakteryzują się określonymi cechami elektrycznymi.

Do prawidłowego wykonania radiotechnicznych prac montażowych jest potrzebna nie tylko znajomość zasadniczych charakterystyk części składowych, ale także umiejętność określania ich sprawności. Badanie jakości elementów odbywa się za pomocą specjalnych mierników, do których amatorzy nie zawsze mają dostęp. Z tego względu będziemy zalecać w kilku sytuacjach posługiwanie się zastępczymi przyrządami pomiarowymi.

DIODY PÓLPRZEWODNIKOWE

W opisanych konstrukcjach radiowych można z powodzeniem stosować dowolny typ diod uniwersalnych. Mają one bowiem przybliżone charakterystyki elektryczne.

1. Diody germanowe uniwersalne (symbol DOG — dioda ostrzowa germanowa), napięcie pracy od 30 do 100 V, natężenie od 16 do 50 mA. Zastosowanie w układach detekcyjnych i impulsowych: oznaczenia: DOG31, DOG53 oraz DOG55—61 (odpowiedniki: AAP631, AAP655, AAP116).
2. Diody krzemowe uniwersalne. Graniczne warunki pracy: 50 V/50 mA. Symbole: BAY54, BA132P (odpowiedniki: BAYP60, BAY63).

TRANZYSTORY

— TRIODY PÓLPRZEWODNIKOWE

Tranzystory wykorzystywane w opisywanych układach zaliczamy do dwóch grup: małej częstotliwości i małej mocy oraz wielkiej częstotliwości i małej mocy.

W pierwszej grupie mieszczą się tranzystory germanowe i krzemowe o częstotliwości granicznej do 2,5 MHz, zaś w drugiej — przyrządy przystosowane do pracy przy częstotliwości ponad 2,5 MHz. W nowoczesnych przyrządach tego typu częstotliwość graniczna bywa bardzo wysoka, np. do 480 MHz.

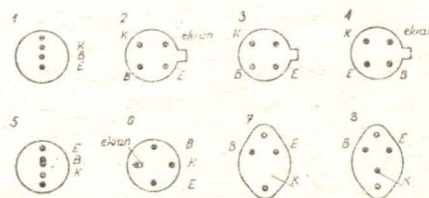
Głównym parametrem tranzystora jest współczynnik wzmocnienia β (dla prądu stałego). Wyraża się on stosunkiem prądu emitera do prądu bazy, a wartość tego współczynnika waha się w granicach od 20 do kilkuset, zależnie od rodzaju tranzystora. Lepsze własności wzmacniające ma taki tranzystor, który ma wyższy współczynnik wzmacniania β .

Np. w popularnej ongiś szarotce wiele elementów można wykorzystać do układów eksperymentalnych. Mamy tam: kondensator zmienny, sporo kondensatorów stałych, pręt ferrytowy do anteny, mały głośnik, różnego rodzaju rezystory, trochę przewodów montażowych i drutów nawojowych, itp.

Części składowe pochodzące z używanych aparatów trzeba przed zamontowaniem — a lepiej przed włożeniem do pojemniczków — sprawdzić.

Poza tym niektóre elementy (także przecenione) można zakupić w wybranych sklepach ze sprzętem elektrotechnicznym.

Wszystkie elementy półprzewodnikowe charakteryzują się jeszcze dopuszczalną mocą wyrażaną w mW. Rozmieszczenie końcówek elektrod tych elementów pokazano na rysunku 54



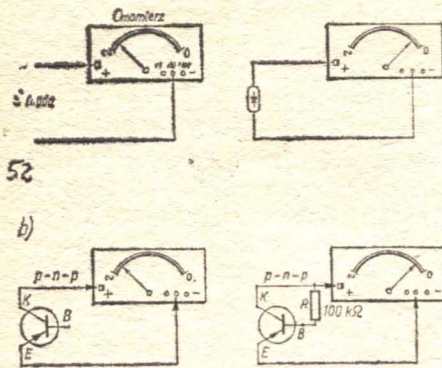
Rys. 54. Oznakowanie wyprowadzeń elektrod w tranzystorach: 1 — ACP602—605 (TG2—5), 2 — AF514—516, 3 — ASV 34—37 (BF 504—506), 4 — AF 426—429, 5 — TG 50—55, 6 — TG 37—40, 7 — AD 365—366, (TG 60), 8 — TG 70—72

1. Tranzystory germanowe małej częstotliwości, małej mocy — 75 mW, struktura p-n-p, symbole: ACP602—605 (odpowiedniki TG2—5);
2. Tranzystory germanowe m.cz., moc 150 mW, struktura p-n-p, symbole: ASV34—37, ACP650—655 (odpowiedniki TG50—55).
3. Tranzystory germanowe w. cz. do 75 MHz, małej mocy 50—250 mW, struktura p-n-p, symbole: AF426—430.
4. Tranzystor germanowy w. cz. do 200 lub 300 MHz, moc 50 mW, struktura p-n-p, symbole: AF514—516.
5. Tranzystory germanowe m. cz. 1,5 A, 5 W, struktura p-n-p, symbole: TG70—72 (odpowiedniki ADP670—672).
6. Tranzystory krzemowe uniwersalne, moc 150 mW, częstotliwość graniczna 80—150 MHz, struktura p-n-p, symbole: BF504—511.
7. Tranzystory krzemowe w. cz. 150—480 MHz, moc 300 mW, symbole: BF519—521.

Sprawność diod i tranzystorów określa się omomierzem. Diody można badać omomierzem zasilanym napięciem od 1,5 do 4,5 V (w zakresie pomiarowym $\times 10$). Dioda sprawna wykazuje w kierunku zaporowym rezystancję ∞ bliską nieskończoności. Zmieniając biegunowość omomierza można ustalić w diodzie właściwe elektrody, jak pokazano na schemacie (rys. 55a).

Omomierz jest również przydatny do orientacyjnego sprawdzania jakości tranzystorów. Schemat układu do badania sprawności tranzystorów omomierzem pokazano na rysunku 55b. Najpierw mierzymy rezystancję przejścia emiter—kolektor; jej wartość w sprawnym tranzystorze wynosi około

50 k Ω , gdy okaże się, że rezystancja jest znacznie niższa, świadczy to, że tranzystor jest uszkodzony. Ocenę własności wzmacniających tranzystora wyko-

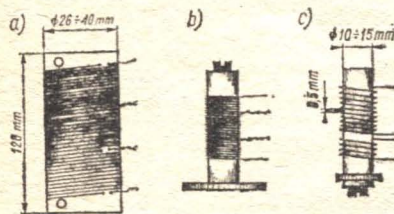


Rys. 55. Układy do badania sprawności elementów półprzewodnikowych za pomocą omomierza: a) kontrola diody, b) kontrola tranzystora.

nuje się za pomocą omomierza, włączając dodatkowy rezystor między końcówki bazy i kolektora. Porównując wyniki pomiarów z pierwszego odczytu, można ocenić, że tranzystor jest dobrej jakości, gdy omomierz wskaże rezystancję wielokrotnie mniejszą (poniżej 10 k Ω). Własności wzmacniające tranzystora będą tym lepsze, im mniejszą rezystancję wykaże w czasie tego pomiaru omomierz.

CEWKI INDUKCYJNE

W każdym aparacie radiowym, nawet najprostszym, konieczne jest stosowanie cewek jako części składowych obwodu rezonansowego. Główną właściwość fizyczną cewki to indukcyjność, która zależy od wymiarów geometrycznych uzwojenia, jego kształtu, sposobu nawinięcia, grubości i rodzaju izolacji przewodu nawojowego, materiału korpusu oraz rdzenia (rys. 56).



Rys. 56. Konstrukcja cewek indukcyjnych: a) cewka na korpusie bez rdzenia, b) cewka nawinięta na korpusie z rdzeniem, c) cewka do obwodów UKF.

Jednostką indukcyjności jest henr (H). W praktyce są stosowane jednostki podwielokrotne:

$$\begin{aligned} \text{milihenr } 1 \text{ mH} &= 10^{-3} \text{ H} & 1 \text{ H} &= 1000 \text{ mH} \\ \text{mikrohenr } 1 \mu\text{H} &= 10^{-6} \text{ H} & 1 \text{ H} &= 1\,000\,000 \mu\text{H}. \end{aligned}$$

Indukcyjność cewek powietrznych oraz wypełnionych materiałami dia- lub paramagnetycznymi jest stała i niezależna od wartości natężenia prądu przepływającego przez zwoje. Dzięki zastosowaniu rdzenia uzyskuje się zmniejszenie wymiarów cewki i zmniejszenie jej promieniowania przy przepływie prądu.

Jakość cewki charakteryzuje jej dobroć Q , którą można obliczyć ze wzoru: $Q = \frac{X_1}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$, gdzie

X_1 — opór indukcyjny cewki, f — częstotliwość, L — indukcyjność, R — opór czynny.

Zjawisko oporu indukcyjnego (biernego) zwanego

reakcją indukcyjną występuje przy przepływie prądu przemiennego przez cewkę.

Najprostszą konstrukcją ma cewka indukcyjna cylindryczna, jednowarstwowa, powietrzna. Indukcyjność takiej cewki można obliczyć następująco: $L = k \cdot z^2 D \cdot 10^{-6}$, gdzie: L — indukcyjność cewki, k — współczynnik zależny od stosunku długości cewki l do średnicy D , z — liczba zwojów.

Do nawijania cewek stosuje się druty nawojowe DNE o średnicy od 0,12 do 0,6 mm lub specjalną linkę w. cz. (licę), składającą się z wielu cienkich przewodów zwiniętych razem i oplecionych nicią (np. 12 x 0,07, czyli 12 drutów izolowanych o średnicy 0,07 mm). Przy lutowaniu końcówek linki trzeba pamiętać, aby wszystkie druciki były dokładnie odizolowane i połączone razem. Stosuje się też kilka sposobów uzwojenia cewek: jednowarstwowe, układając zwoj obok zwoju, z odstępem pomiędzy zwojami (w cewkach o bardzo małej indukcyjności np. dla UKF). Cewki wielozwojowe można nawijać bezładnie układając zwoje.

KONDENSATORY STAŁE I ZMIENNE

Kondensatory stosuje się w różnych członach aparatów radiowych do spełniania rozmaitych zadań. Podstawową jednostką pojemności elektrycznej kondensatora jest farad (symbol literowy F).

Dla celów praktycznych farad jest jednostką zbyt dużą. Spotykane kondensatory mają na ogół pojemność wielokrotnie mniejszą. Powszechnie stosuje się jednostki układu praktycznego:

$$\begin{aligned} \text{mikrofarad} - \mu\text{F} &= 0,000001\text{F} = 1.10^{-6}\text{F} \\ \text{nanofarad} - \text{nF} &= 0,001\mu\text{F} = 1.10^{-3}\mu\text{F} = 1.10^{-9}\text{F} \\ \text{pikofarad} - \text{pF} &= 0,000001\mu\text{F} = 1.10^{-6}\mu\text{F} = 1.10^{-12}\text{F} \end{aligned}$$

Produkowane kondensatory mają różne kształty. Rozwiązania te uwarunkowane są właściwościami materiału — głównie dielektrycznymi (papier, styroflex, ceramika) oraz przeznaczeniem (stałe, nastawne i zmienne). W układach radiowych stosuje się kondensatory o pojemności od kilku pikofaradów do kilkuset mikrofaradów.

W wejściowych obwodach rezonansowych stosuje się kondensatory zmienne, tzw. strojeniowe, o pojemności minimalnej 5—8 pF, a maksymalnej 150 pF — 450 pF. Pojemność zmiennego kondensatora jest zależna w pewnym zakresie od kąta obrotu zespołu płytek osadzonych na osi.

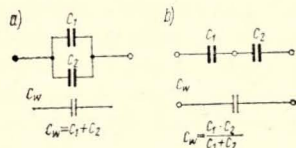
Kondensatory stałe mają dwie charakterystyczne cechy: pojemność elektryczną i dopuszczalne napięcie pracy np. 6800 pF/150 V. W naszych układach tranzystorowych można stosować kondensatory o dowolnym napięciu pracy, bowiem w obwodach tych panuje napięcie poniżej 12 V. W grupie kondensatorów stałych należy wyróżnić kondensatory elektryczne włączane ze względu na biegunowość, tzn. że nie można ich łączyć do układu w dowolny sposób, lecz zgodnie z oznaczeniami wyprowadzeń (+) i (—).

Stale kondensatory mogą być łączone szeregowo bądź równolegle w celu uzyskania żądanej pojemności. W wyniku połączenia równoległego pojemność wypadkowa wzrasta, sumuje się (rys. 57a).

W połączeniu szeregowym (rys. 57 b) pojemność wypadkowa maleje, lecz wzrasta dopuszczalna wartość napięcia pracy (przebiecia).

Jakość kondensatorów stałych większej pojemności można badać za pomocą omomierza. Dobry kondensator o małej pojemności nie powoduje wychy-

leń wskazówki omomierza, a o dużej pojemności wywołuje lekkie drgnięcie wskazówki i powrót jej do pozycji „nieskończoność”. Sprawność kondensato-



Rys. 57. Sposoby połączeń kondensatorów: a) równolegle, b) szeregowo.

rów elektrolitycznych ustala się przez wykrycie utraty ich pojemności. Dotykając końcówki omomierza stwierdzamy wyraźne wychylenia wskazówki przy pierwszym dotknięciu, a mniejsze przy następnych. Pełne wychylenie wskazówki (do zera) świadczy o uszkodzeniu kondensatora. Badanie omomierzem należy wykonywać na zakresie $\times 100$.

Cechy elektryczne kondensatorów są oznaczone przeważnie cyframi na obudowach, a tylko bardzo małe elementy są oznaczone kodem barwnym.

Kod cyfrowo-literowy barwny stosowany do oznaczenia kondensatorów stałych

Litera duża	Tolerancja	Litera mała	Napięcie (V)	Barwa	Pojemność (pF)
1	2	3	4	5	6
G	$\pm 2\%$	a	63	zielona	330
I	$\pm 5\%$	b	100	niebieska	470
K	$\pm 10\%$	c	160	fioletowa	680
M	$\pm 20\%$	d	250	biała	1000
E	$\pm 1\text{pF}$	e	350	czarna	1500
—	$\pm 0,5\text{pF}$	—	500	brązowa	2200
S	$\pm 50\%$	g	750		
		h	1000		
		i	1000		
		n	25		

Kod cyfrowo-literowy barwny, charakteryzujący kondensatory stałe (papierowe, ceramiczne i styroleksowe) odczytuje się następująco: duża litera oznacza tolerancję, mała — napięcie znamionowe. Na przykład 470 Kd oznacza pojemność 470 pF, tolerancja pojemności $\pm 10\%$, napięcie znamionowe 250 V. Kod barwny nanoszony kropkami również oznacza pojemność. Kod odczytuje się od lewej do prawej strony kondensatora.

REZYSTORY (OPORNIKI)

W opisywanych konstrukcjach amatorskich wskazane jest stosowanie rezystorów małowymiarowych.

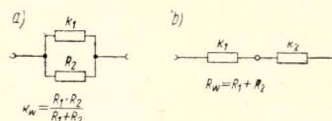
Rezystory tego typu mają kształt wałeczków. Tworzy je prasowana na gorąco mieszanina materiału oporowego. Końcówki wyprowadzeń są zatopione w materiale. Rezystory objętościowe charakteryzują się dobrą trwałością.

Rezystory, o których mowa, nie są i nie mogą być produkowane z idealną dokładnością (tzn. ściśle według wartości podanej na ich powierzchni). Większość rezystorów stosowanych w odbiornikach radiowych produkowana jest z tolerancją $\pm 20\%$ lub $\pm 10\%$. Istotnym dla nas zagadnieniem jest cechowanie rezystorów, które pozwala identyfikować ich wartości fizyczne. Każdy rezystor ma zaznaczone na nim wielkości znamionowe. Określają one wartość

rezystancji oraz odchyłki znamionowe, czyli tolerancję.

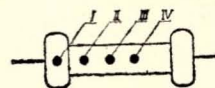
W układach radioelektrycznych stosuje się również rezystory regulowane, przystosowane do zmiany rezystancji w sposób ciągły. Tego typu rezystory zmienne nazwano potencjometrami.

Rezystory stałe można łączyć równolegle lub szeregowo w celu uzyskania pożądanej rezystancji. W wyniku połączenia szeregowego wypadkowa rezystancji wzrasta, zaś przy połączeniu równoległym — maleje. Odpowiednie wzory do obliczania wypadkowej rezystancji podano na rysunku 58.



Rys. 58. Sposoby połączeń rezystorów: a) równolegle, b) szeregowo.

W urządzeniach tranzystorowych najczęściej są stosowane rezystory małowymiarowe (moc obciążenia 0,1 W). Wartość rezystancji takich rezystorów jest oznakowana za pomocą kodu w postaci kolorowych kropek rozmieszczonych na ich korpusach (rys. 59).



Rys. 59. Sposób oznakowania rezystorów za pomocą kodu barwnego.

Barwny kod składa się z trzech kropek, przy czym pierwsza i druga kropka oznacza wartości cyfrowe, zaś trzecia określa mnożnik miary: Ω , k Ω lub M Ω . Czwarta kropka określa tolerancję rezystora, brak takiej kropki ma również znaczenie, oznacza bowiem tolerancję $\pm 20\%$. Stosowany obecnie kod barwny podano w tabelce.

Kod barwny do oznaczania rezystancji rezystorów

barwa	pierwsza cyfra	druga cyfra	mnożnik
czarna	0	0	1 Ω
brązowa	1	1	10 Ω
czerwona	2	2	100 Ω
pomarańczowa	3	3	1 k Ω
żółta	4	4	10 k Ω
zielona	5	5	100 k Ω
niebieska	6	6	1 M Ω
fioletowa	7	7	10 M Ω
szara	8	8	100 M Ω
biała	9	9	—
złocista	—	—	0,1 Ω
srebrzysta	—	—	0,1 Ω

tolerancja: $\pm 20\%$ bez barwy, $\pm 10\%$ — srebrzysta, $\pm 5\%$ — złocista.

Na przykład, jeżeli na korpusie rezystora będą namalowane kolejno kropki: fioletowa, pomarańczowa, czerwona, złocista, oznacza to, że rezystor ma rezystancję 7300 Ω ($73 \times 100 \Omega$) z tolerancją $\pm 5\%$.

ŚLUCHAWKI I GŁOŚNIKI

W urządzeniach radioodbiornych słuchawki i głośniki spełniają rolę przetworników elektroakustycznych. Służą więc one do zmiany sygnałów elektrycznych na drgania dźwiękowe. Istnieje kilka typów przetworników. Dla waszych celów można wykorzystać słuchawki i głośniki magnetyczne.

Słuchawki magnetyczne mają trwałe magnesy i cewki. Zależnie od wielkości oporu cewki, rozróżnia się słuchawki wysokoomowe (około 2000Ω) i niskoomowe ($30-75\Omega$). Słuchawki magnetyczne są bardzo przydatne przy wszelkiego rodzaju eksperymentach radiowych.

Nowoczesne słuchawki przeznaczone do odtwarzania audycji wysokiej jakości (np. z adapterów, telewizorów czy magnetofonów) typu SN62, zapewniają szerokie pasmo przenoszenia dźwięków — w granicach od 20 do 18000 Hz. Moc maksymalna tych słuchawek wynosi 100 mW, a impedancja (opór indukcyjny) wynosi $2 \times 400\Omega$.

Podobne parametry elektryczne mają słuchawki typu SN50. Różnią się one tylko maksymalną mocą, która wynosi 250 mW. Słuchawki typu SN50 bywają dostarczane na rynek w kilku wersjach: jako stereofoniczne, wyposażone w dwa wtyki (typ WG2-1), monofoniczne, wyposażone w jeden wtyk WS2-1, bez wtyków, które przeznacza się do dołączenia dowol-

nego rodzaju wtyku. Ostatnia z wymienionych wersji przewodu słuchawek uwzględnia możliwość przystosowania ich do współpracy z urządzeniami radiofonicznymi dawnego typu.

W praktycznych konstrukcjach radioodbiornych stosuje się również głośniki magnetyczne dynamiczne o małej lub średniej mocy.

Głośniki magnetyczne ogólnie charakteryzują się: oporem cewki drgającej (impedancją znamionową) określanym w omach, pasmem przenoszenia częstotliwości akustycznych — określanym w Hz (hercach) oraz mocą znamionową wyrażaną w watach (W) lub woltampierach (VA).

Głośniki mogą mieć opór cewki w granicach od 4 do 40Ω . W opisach schematów zamieszczono dane charakteryzujące opór i moc proponowanych do wykonania głośników.

W aparatach przenośnych stosuje się głośniki o mocy poniżej 1 W, zaś w odbiornikach przeznaczonych do mieszkań, ze względu na jakość odtwarzania audycji, instalowane są głośniki o większej mocy. W opisanych w książce urządzeniach radioodbiornych, można stosować następujące głośniki krajowej produkcji: GD/0,2 (moc 0,2 W, opór cewki 8Ω); GD6/5/0,25 (moc 0,25 W, cewka 8 lub 25Ω); GD6/0,4 (moc 0,4 W, cewka 4,8 lub 15Ω); GD7/0,2 (moc 0,2 W, cewka 35Ω); GD10/1,5 (moc 1,5 W, cewka 4,8 lub 15Ω).



Kończąc rozpatrywanie układów radiotechnicznych, elementów elektronicznych i opisywanie zasad ich zastosowań bądź uruchamiania urządzeń składam miłym Czytelnikom życzenia dalszego doskonalenia swoich umiejętności. Zachęcam także do pogłębiania wiedzy, pełnego rozwoju utrwalonych zainteresowań oraz zrealizowania w przyszłości wielu udanych konstrukcji radioamatorskich.

OD WYDAWCY

Seria „Zrób to sam” przeznaczona jest dla początkujących i zaawansowanych konstruktorów. Każdy z tomików zawiera opisy budowy i komplet rysunków ciekawych urządzeń technicznych lub modeli. Jeżeli chcesz samodzielnie budować sprzęt fotograficzny, modele samolotów, statków i samochodów, latawce, różne interesujące urządzenia elektryczne i elektroniczne — szukaj w księgarniach i kioskach „Ruchu” kolejnych broszur tej serii.

W tej samej szacie graficznej ukazały się następujące pozycje:

- T. Dąbrowski „Stacja kontenerowa”
- P. Elsztein „Pierwsza wyprawa pod wodę”
- E. Gajkowski, S. Jurkiewicz „Samoloty września 1939”
- S. Jurkiewicz „105-tysięcznik”

W przygotowaniu:

- A. Glass „Latające modele szybowców”
- A. Glass „Latawce”
- J. Ruzikowska „Ozdoby i maskotki”
- Z. Sokołowski „Elektroniczny zegar ciemniowy”
- A. Wieliński „Maszyny budowlane”

zl 15,-