



ELEMENTY RADIOELEKTRONIKI

Triody próżniowe

Rozpatrywane w poprzednich odcinkach dwa typy przyrządów elektronowych należały do „rodziny” diod; najpierw poznaliśmy diodę próżniową, a następnie diodę półprzewodnikową, zwaną też krystaliczną. Obecnie zajmemy się inną grupą przyrządów elektronowych, zwanych triodami, zachowując poprzednio ustaloną kolejność, tzn. najpierw rozpatrzmy triody próżniowe, a później triody krystaliczne (półprzewodnikowe). Warto tutaj zauważyć, że taka też była historyczna kolejność budowania tych lamp w rozwoju radiotechniki.

Najistotniejszym przy wynalezieniu lampy trójelektrodowej w 1907 roku przez Lee de Foresta było zmodyfikowanie diody próżniowej przez wprowadzenie do niej trzeciej elektrody, która miała postać siatki i została umieszczona w przestrzeni pomiędzy katodą i anodą (bliżej katody). Omawiany typ lampy, zwanej początkowo audionem, należy obecnie uznać za podstawowy typ lampy elektronowej ze względu na wielorakie funkcje, jakie może ona spełniać w różnych układach.

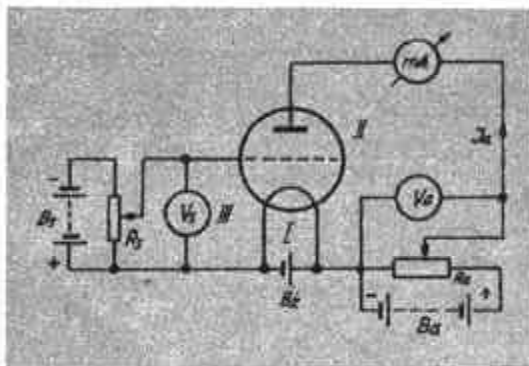
Najważniejszą rolę w działaniu triody pełni siatka, którą nazwano siatką sterującą. Umożliwia ona oddziaływanie (sterowanie) na strumień elektronów płynący od katody do anody.

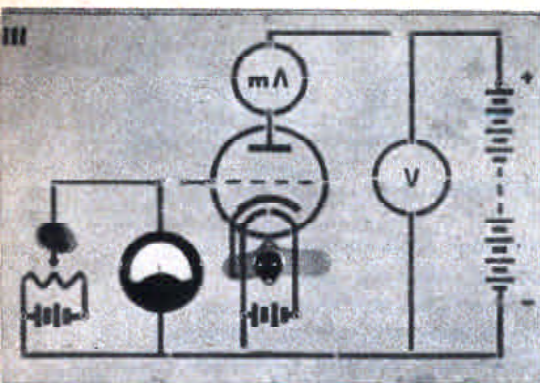
Posługując się schematami triody zmontujemy układ przedstawiony na rys. 1. Wyróżnić w nim możemy trzy

obwody: I — obwód zarzenia, II — obwód anodowy, oraz III — obwód siatkowy. Dla zbadania własności triody zastosujemy trzy mierniki: woltomierz — do pomiaru napięcia siatkowego (V_s), woltomierz — do pomiaru napięcia anodowego (V_a) oraz miliamperomierz (mA) do pomiaru natężenia prądu anodowego lampy. W układzie tym mamy również trzy źródła zasilania: baterię żarzeniową (B_z), baterię anodową (B_a) oraz baterię siatkową (B_s).

Za pomocą omawianego układu (fot. 1.) możemy zbadać fizyczne własności triody. W pierwszej fazie doświadczenia zachowamy stałą wartość napięcia baterii żarzeniowej (B_z) oraz baterii anodowej (B_a), zmieniać będziemy tylko wielkość napięcia siatkowego (U_s) za pomocą opornika regulowanego (R_s). Zwróćmy uwagę na to, że bateria siatkowa jest

Rys. 1. Układ do badania charakterystyki triody

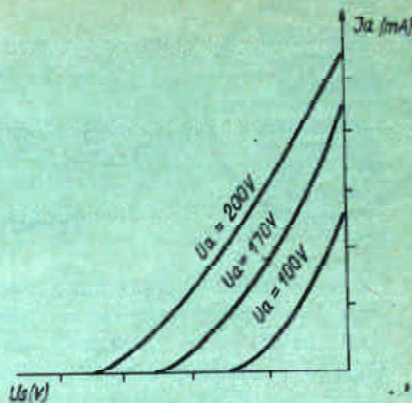
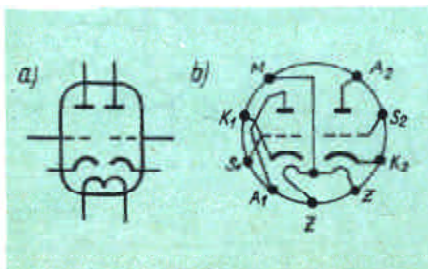




Fot. 1

dołączona ujemnym biegunem do siatki, a dodatnim do katody lampy. Początkowo ustawimy suwak opornika (R_s) tak, aby woltmierz (Vs) wykazał napięcie równe zero. W takich warunkach potencjał siatki będzie równy potencjałowi katody, a lampa zachowa się podobnie jak dioda — miliamperomierz wykaże prąd anodowy określonej wartości. W toku doświadczenia wyniki pomiarów wygodnie jest zestawzić w tabelce. Zmieniając napięcie na siatce od 0 do większych wartości ujemnych, zaobserwujemy na miliamperomierzu spadek prądu

Rys. 2. Duotrioda typu ECC82: a) schemat ideowy, b) cokolowanie lampy (obwód złączenia lampy może być przelączany na napięcie 12,6 V lub 6,3 V gdy włókna są połączone równoległe — końcówki Z i Z zwarte ze sobą)

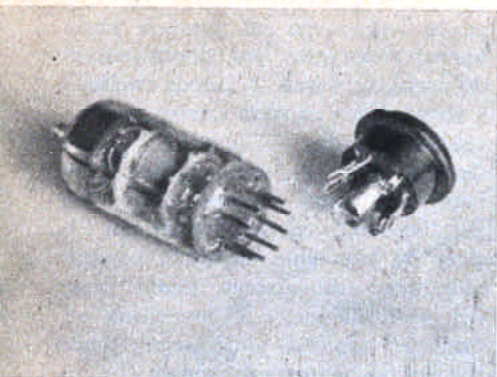


Rys. 3. „Rodzina” charakterystyk siatkowych lampy ECC82. Wartości znamionowe lampy ECC82: $U_a = 170$ V, $U_s = -4$ V, $I_a = 10$ mA, $I_z = 0,3$ A, $U_z = 6,3$ V lub 12,6 V

anodowego. Zanotujemy wyniki pomiarów dla $U_s = -1, -2, -3, -4,5, -6$ V, a następnie doprowadzimy napięcie siatki do takiej wartości, aby uzyskać prąd anodowy bliski zero. W dalszym ciągu doświadczenia zmienimy połączenie biegunów baterii siatkowej — z siatką, przyłączając do siatki dodatni biegun baterii, a ujemny łącząc z katodą. Wykonajmy z kolei pomiary prądu anodowego (I_a) przy napięciach na siatce $+1, +2, +3, +4,5$ V. Wyniki odczytane na miliamperomierzu zanotujemy w tabelce.

Z przeprowadzonych doświadczeń wyciągniemy wniosek, że zmiana napięcia U_s wywołuje zmiany natężenia prądu anodowego.

Fizyczną stronę zaobserwowanego zjawiska możemy wyjaśnić tym, że pole elektryczne siatki działa na ładunek przestrzenny (chmurkę elektronów) przy katodzie powodując hamowanie lub wzrost strumienia elektronów przelatujących w próżni lampy od katody do anody pomiędzy otworami siatki.

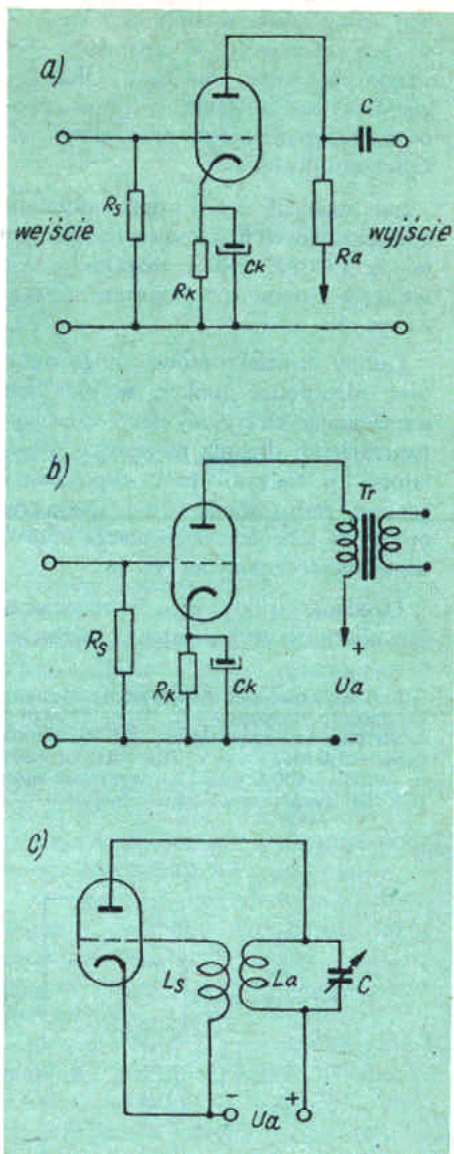


Fot. 2

Zasadniczą zaletą takiego sterowania prądem anodowym są stosunkowo duże amplitudy zmian przy niewielkich waha- niach potencjału na siatce oraz minimal- na bezwładność pracy układu, ponieważ praktycznie rzecz biorąc zmiany natę- żenia prądu (I_a) występują jednocześnie ze zmianami napięcia siatkowego (U_s). (Trzeba nadmienić, że własność ta zanika przy bardzo wielkiej częstotliwości, kiedy czas przelotu elektronów jest współmierny z okresem drgań napięcia siatkowego).

Współczesne lampy elektronowe ze względu ekonomicznych są budowane (w uzasadnionych przypadkach) jako podwójne. Na rys. 2 przedstawiony został schemat ideowy oraz cokolowanie lampy tego typu — podwójnej triody zwanej też duotriodą. Lampa ECC82 (fot. 2), jest przeznaczona do pracy w układzie wzmacniaczy małej częstotliwości. Ma ona katodę żarzoną pośrednio (prądem stałym lub zmiennym). Napięcie żarzenia ($U_{\text{ż}}$) wynosi 6,3 V, a prąd żarzenia 0,3 A. Podobną charakterystykę i za- stosowanie ma lampa ECC83.

Lampa ECC83 odznacza się dużym współczynnikiem wzmocnienia i może



Rys. 4. Zastosowanie triody: a) w układzie wzmacniacza oporowego, b) w układzie wzmacniacza transformatorowego, c) w układzie generatora samowzbudnego (oscylatora)

być zastosowana w stopniach wejściowych wzmacniaczy. W aparatach telewizyjnych, bądź głośnicach UKF — znajdują zastosowanie specjalne duotriody przeznaczone do pracy przy wielkich częstotliwościach.

Do naszych celów doświadczalno-konstrukcyjnych najodpowiedniejsza jest lampa ECC82, której charakterystyka siatkowa i parametry pokazane zostały na rys. 3.

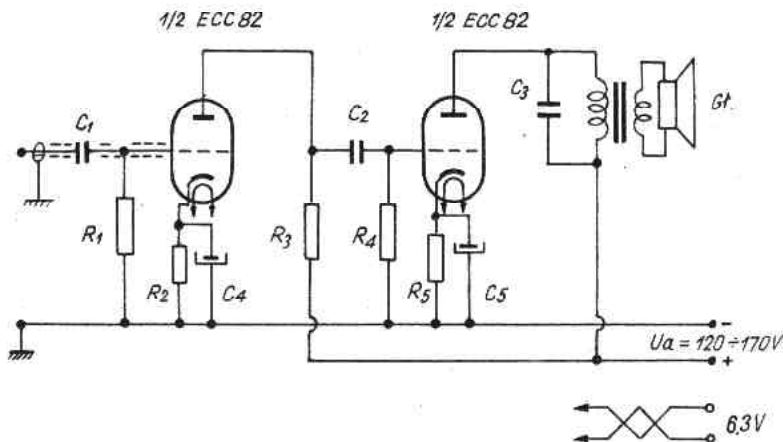
Lampy trójelektrodowe mogą spełniać różnorodne funkcje w układach wzmacniających sygnały elektryczne, wytwarzających drgania niegasnące (oscylatory) itp. Na rys. 4 (a, b, c) pokazano typowe zastosowania triod. Najpierw omówimy schemat wzmacniacza oporowego, uwidoczniony na rys. 4a.

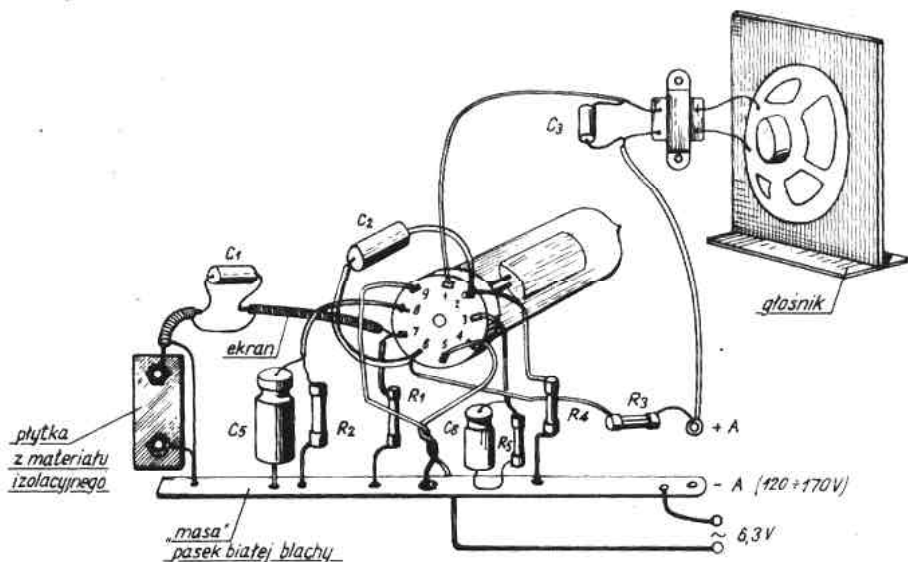
Działanie triody jako wzmacniacza jest oparte na wykorzystaniu zależności

prądu anodowego od napięcia siatki. Sygnał elektryczny jest doprowadzany do zacisków siatka — katoda (wejście), a wzmacnione napięcie czerpie się z zacisków katoda — anoda (wyjście). Opornik R_a — stanowi obciążenie lampy, natomiast opornik R_k , który jest zbocznikowany kondensatorem C_k , służy do uzyskania ujemnego napięcia siatkowego ustalającego punkt pracy lampy. Kondensator C umożliwia oddzielenie napięcia anodowego (prądu stałego) od użytecznego sygnału.

Kolejny rysunek (4b) przedstawia schemat wzmacniacza transformatorowego. Różni się on od poprzedniego układu tym, że obciążenie obwodu anodowego stanowi pierwotne uzwojenie transformatora, który jednocześnie umożliwia oddzielenie składowej stałej od składowej zmiennej w obwodzie anodowym.

Rys. 5. Schemat ideowy wzmacniacza małej częstotliwości z lampą ECC82. Części składowe: kondensatory papierowe C_1, C_2 — 5100 pF (do 10 000 pF), C_3 — 1500 pF (wszystkie kondensatory pap. na napięcie pracy 250 V), kondensatory elektrolit. C_4 i C_5 — 25 μ F/12 V, oporniki R_1 — 1,5 M Ω ($\pm 20\%$), R_2 — 3 k Ω ($\pm 20\%$), R_3 — 150 k Ω ($\pm 20\%$), R_4 — 0,7 M Ω ($\pm 20\%$), R_5 — 300—400 Ω ($\pm 20\%$), wszystkie oporniki przewidziane na moc 0,5 W lub większą. Głośnik (G) dynamiczny z transformatorem — dowolnego typu o mocy 1,5—3 W





Rys. 6. Schemat montażowy wzmacniacza na lampie ECC82

Wzmacniacze transformatorowe stosuje się w stopniach końcowych, które bezpośrednio zasilają głośniki.

W wielu urządzeniach elektronicznych triody pracują w układach generacyjnych służących do wytwarzania drgań o określonej częstotliwości. Na rys. 4c pokazany został układ generatora tzw. samowzbudnego. W obwodzie anodowym triody mamy obwód oscylacyjny La-C, z którym jest sprzężona indukcyjnie cewka L_s obwodu siatkowego. W chwili zamknięcia obwodu anodowego lampy powstają w obwodzie La-C drgania własne, których oscylacje są podtrzymywane dzięki istnieniu sprzężenia indukcyjnego cewką L_s wzbudzającą na siatce zmienne napięcie równe pod względem częstotliwości drganiom wytworzonym we wspomnianym obwodzie La-C (anodowym).

Rozpatrywane sprzężenie obwodu anodowego z siatkowym nosi nazwę

sprzężenia zwrotnego. Warunkiem uzyskania właściwej pracy generatora jest to, żeby napięcie zmienne, które powstaje na siatce dzięki sprzężeniu zwrotnemu, miało określoną wielkość oraz prawidłową fazę (praktycznie uzyskuje się to przez odpowiednie rozmieszczenie cewek L_a i L_s oraz przez właściwe dołączenie końcówek cewki siatkowej).

Stosując podwójną triodę typu ECC82 możemy wykonać wzmacniacz małej częstotliwości, który pozwoli nam dokładniej poznać układy wzmacniacza oporowego i transformatorowego.

Schemat ideowy wzmacniacza przedstawiony został na rys. 5, a schemat montażowy na rys. 6. Należy pamiętać, iż prawidłowe działanie tego rodzaju wzmacniacza zależy od poprawnego i solidnego montażu, a w związku z tym wszelkie łączenia elementów należy wykonać za pomocą lutowania.

Mgr inż. Witold Kozak