

Warszawa, 10 października 1949 r.



H01j 25/00

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIIS PATENTOWY

Nr 33642

Kl. 21 g, 13/17

International Standard Electric Corporation

(New York, N. Y., Stany Zjednoczone Ameryki)

Elektronowe urządzenie wyładowcze bardzo wielkiej częstotliwości

Zgłoszono 24 września 1946 r.

Udzielono 4 kwietnia 1949 r.

Pierwszeństwo: 22 grudnia 1939 r. (Wielka Brytania)

Wynalazek dotyczy elektronowego urządzenia wyładowczego bardzo wielkiej częstotliwości, składającego się z zamkniętego wnękowego rezonatora dzielonego i z przyrządu, kierującego elektrony do otworów w ściankach zewnętrznych i wewnętrznych rezonatora, dzięki czemu szybkość elektronów, wchodzących do tego rezonatora, może być kontrolowana, a elektrony, wychodzące z rezonatora, pozostawiają mu więcej energii niż jej zabierają.

Urządzenie według wynalazku posiada zamknięty, wnękowy rezonator, składający się z powłoki zewnętrznej i z umieszczonej pomiędzy jego przeciwległymi ściankami części wewnętrznej oraz z przyrządu, kierującego elektrony tak, by przechodziły przez powłokę zewnętrzną i część wewnętrzną rezonatora w taki sposób, iż szybkość elektronów, biegnących z powłoki zewnętrznej do części wewnętrznej, może być kontrolowana, a przy przechodzeniu z części wewnętrznej rezonatora do jego powłoki zewnętrznej elektrony pozostawiają rezonatorowi więcej energii, niż jej zabierają.

Urządzenie według wynalazku jest typu modulującego szybkość elektronów i zawiera jako rezonator linię przesyłową w postaci krótkiego kawałka przewodu współosiowego, którego końce są zamknięte, a boki są zaopatrzone w średnicowo przeciwległe sobie otwory lub szpary oraz w elektrody, wysyłające elektrony przez te otwory w taki sposób, iż biegną one w poprzek omawianego przewodu współosiowego, wzdłuż jego średnicy.

Rezonator może mieć również postać krótkiego cylindra, posiadającego na końcach pierścieniowe tarcze i mieszczącego współśrodkowy z nim mniejszy cylinder, umocowany np. przy pomocy metalowego pierścienia lub tarczy, umieszczonej w płaszczyźnie symetrii, będącej punktem węzłowym napięcia, przy czym elektrony zostają skierowane osiowo przez rezonator, przechodząc kolejno odstępami pomiędzy pierścieniowymi tarczami i cylindrem wewnętrznym.

Na rysunku fig. 1 przedstawia schematyczny widok znanego rodzaju lampy modulującej szybkość, fig. 2a — widok perspektywiczny rezona-

tora, zastosowanego w urządzeniu według wynalazku, fig. 2b — przekrój poziomy tego urządzenia, posiadającego rezonator, podobny do uwidocznionego na fig. 2a, fig. 2c i 2d przedstawiają przekroje pionowe rezonatora, uwidocznionego na fig. 2a, wzdłuż płaszczyzn, skierowanych do siebie pod kątem prostym, fig. 3 i 4 — przekroje poziome odmiennych rezonatorów, fig. 5 przedstawia drogę strumienia elektronów, wychodzących z katody o dużej powierzchni.

Przy długości fali, wynoszącej 10 lub 20 cm, wytworzenie drgań przez lampy trójelektrodowe przy ujemnym potencjale siatki jest w praktyce utrudnione i główną przyczyną tego jest fakt, że elektrony potrzebują pewnego, ograniczonego czasu na przejście przestrzeni pomiędzy poszczególnymi elektrodami, a ponadto trudno jest zmniejszyć dostatecznie pojemności wewnętrzne i opór indukcyjny. Czas przejścia elektronów można zredukować bądź przez zwiększenie napięcia na elektrodach lampy, bądź przez zmniejszenie wymiarów liniowych elektrod, lecz względy praktyczne ograniczają wielkość, do której może być zmniejszony ten czas przejścia. Jeśli więc pragnie się otrzymać bardzo małą długość fali, to należy znaleźć sposób unieszkodliwienia skutków czasu przejścia elektronów. Ponieważ jest niemożliwe usunąć czas przejścia, więc pozostają dwie rzeczy do zrobienia, a mianowicie: albo uczynić skutki czasu przejścia elektronów nieszkodliwymi, albo użyć go tak, by pomógł utrzymać pożądane drgania.

Znane lampy magnetronowe i lampy Barkhausena zużytkowują czas przejścia elektronów do podtrzymywania wytworzonych w tych lampach drgań. Jest to zasada modulacji szybkości elektronów, podana w patencie angielskim Nr 431447. Przedstawiona zasada modulacji szybkości nie używa bezpośrednio czasu przejścia elektronów, lecz czyni nieszkodliwymi jego skutki. W klistronie, stosującym modulację szybkości, dwa zamknięte, wnękowe rezonatory A1 i B1 (fig. 1), nastrojone ściśle na tę samą częstotliwość, są tak umieszczone, iż przechodzi przez nie strumień elektronów K. Jeśli lampa ma być użyta w roli oscylatora, to oba rezonatory lub obwody drgań są sprzężone ze sobą i działają w sposób podany poniżej. Gdy w pierwszym rezonatorze A1 są małe drgania, strumień elektronów, przechodzących przez ten rezonator, raz jest przyspieszany przez drgania elektromagnetyczne, a raz opóźniany, czyli że w strumieniu, wychodzącym z rezonatora A1, są elektrony o różnych szybkościach, zależnych od fazy, w jakiej przechodzą przez rezonator A1. Podczas przechodzenia strumienia przez odstęp pomiędzy A1 i B1 elektrony, które utraciły energię, nie płyną już równomiernie, lecz sku-

piają się w szereg wiązek, poruszających się w przybliżeniu ze średnią szybkością strumienia. Rezonator B1 jest tak umieszczony, iż to tworzenie się wiązek jest już znacznie posunięte w chwili dojścia elektronów do rezonatora i przez niego przechodzą już szeregi wiązek w regularnych odstępach. Jeśli teraz w oscylatorze B1 są wytwarzane drgania i jeżeli są one w takiej fazie, że pole elektromagnetyczne, wywołane przez nie, przeciwstawia się strumieniowi elektronów przy przejściu każdej wiązki i przyspiesza ruch wiązki elektronów podczas następującego później rozrzedzenia, to wtedy strumień elektronów traci przeciętnie więcej energii na drgania, niż jej otrzymuje od tychże drgań, czyli że jego energia kinetyczna zostaje zamieniona częściowo w energię elektromagnetyczną drgań w oscylatorze B1. Do wytworzenia drgań elektromagnetycznych wystarcza więc zupełnie słabe sprzężenie w służącym do tego urządzeniu. Częstotliwość tych drgań jest oczywiście całkowicie zależna od charakterystyk rezonatorów A1 i B1, które są zazwyczaj wykonane symetrycznie z blachy miedzianej i, jak to uwidoczniono, są dzielone, dzięki czemu czas przejścia strumienia przez odstęp między rezonatorami nie jest długi w porównaniu z okresem drgań.

Rezonatorom nadawano rozmaite kształty, a główne zalety tych rezonatorów były czysto mechaniczne. Rezonatory takie miały nadzwyczaj niskie straty wobec ich małej pojemności i dużej powierzchni zawartej w nich miedzi, wskutek czego współczynnik Q dobroć wynosił od 20000 do 50000, a z tego wynika oczywiście, że rezonatory te muszą być bardzo dokładnie strojone do siebie, by drgania mogły być z powodzeniem utrzymane.

Z powyższego widać, że można wykonać urządzenie, zawierające tylko jeden rezonator, a mimo to zużytkować zasadę modulacji szybkości. Aby to osiągnąć, należy użyć jednego zamkniętego, wnękowego, dzielonego rezonatora w taki sposób, aby elektrony przechodziły najpierw przez część obwodu, w której ich szybkość jest kontrolowana, a następnie, po przejściu znacznej przestrzeni, odpowiadającej przestrzeni między rezonatorami na fig. 1, przechodziły przez drugą część obwodu, w której oddają energię.

Jak uwidoczniono na fig. 2a, pojedynczy rezonator ma postać krótkiego kawałka współśrodkowego przewodu, składającego się z cylindrów przewodzących A i B, zamkniętych na końcach krążkami miedzianymi. Jasne jest, że może on drgać jako półfalowa sekcja długiego przewodu współśrodkowego, w którym były fale stojące, przy czym oba końce sekcji są węzłami poten-

cialnymi, a środek sekcji wykazuje potencjał antywęzłowy. Aby osiągnąć wymienione powyżej pożądane wyniki, utworzono w oscylatorze szpary, umieszczone wzdłuż linii, przechodzącej przez oś jego i prostopadłej do niej, w punkcie maksymalnym. Szpary te, wycięte w cylindrze zewnętrznym i wewnętrznym przewodu współśrodkowego, są zaopatrzone w skrzydełka metalowe C, D, E w podwójnym celu, a mianowicie, by zapobiec zbytniemu wpływowi linii sił pola elektromagnetycznego z cylindra oraz by zmniejszyć pomiedzy obu cylindrami odstęp, przez które przechodzą elektrony. Jeżeli przez rezonator powyższy należy przepuścić strumień elektronów, to można to uczynić przy pomocy urządzenia, składającego się z ogrzewanej katody H (fig. 2b), przedziurawionej płytki G, spełniającej rolę siatki modulującej i z anody zbiorczej F. Oddzielna anoda zbiorcza F nie jest konieczna, gdyż może ona stanowić jedną całość z rezonatorem. Otwór przy krawędzi zewnętrznej skrzydełek E może być zamknięty w celu utworzenia powierzchni zbiorczej. Elektrony, wchodzące w odstęp pomiędzy skrzydełkami E, należy uważać za wyszłe z rezonatora, ponieważ nie wywierają one żadnego skutku do chwili ponownego ukazania się z odpowiednią szybkością. Potrzebne jest również osiowe pole magnetyczne lub przyrząd, wyrzucający elektrony, skojarzony z płytką G, i pędzący elektrony z katody H przez rezonator A, B do anody zbiorczej F. Elektrony, przechodzące przez rezonator, z chwilą przejścia przez pierwszy odstęp wchodzą oczywiście w pole elektromagnetyczne, gdy urządzenie wytwarza drgania, a wtedy szybkość ich ulega modulacji, jak było powiedziane wyżej. Podczas krótkiego przelotu pomiędzy skrzydełkami, utworzonymi na przewodniku wewnętrznym B, elektrony dzielą się na wiązki, które w czasie przejścia przez drugi odstęp oddają energię drganiom elektromagnetycznym.

Dzięki powyższemu urządzeniu można otrzymywać drgania bez dostrajania dwóch obwodów o dużej dobroci Q na jedną częstotliwość. Z drugiej zaś strony teoretyczna wydajność lampy jest w danym przypadku mniejsza, niż w urządzeniu uwidocznionym na fig. 1.

Teoretyczna granica dla klustronu modulującego szybkość wynosi 58%, a teoretyczna granica dla lampy jednoobwodowej opisanego wyżej typu wynosi 35%, a to dowodzi, że chcąc osiągnąć dobrą wydajność tej lampy trzeba umieścić na końcowej elektrodzie zbiorczej większą moc. Należy jednak stwierdzić, że w danym przypadku nie można osiągnąć teoretycznych granic wydajności. W klustronie są modulowane dwa obwody, a elektrony, przebiegające pomiędzy nimi, mają

znacznie dłuższą drogę; wobec tego znacznie trudniej jest osiągnąć wydajność teoretyczną, niż w przypadku lampy jednoobwodowej, w której możliwość odchylenia elektronów od właściwej im drogi jest znacznie mniejsza. Aby lampa jednoobwodowa miała wydajność zbliżającą się do 35%, należy dokładnie obliczyć jej wymiary. W urządzeniu, opisanym powyżej, pierwszy odstęp, czyli odstęp kontrolny, przez który przebiegają elektrony, powinien mieć takie wymiary, by przy napięciu, przy którym lampa ma działać, elektrony przebiegały przez ten odstęp w czasie, odpowiadającym 194° z 360° jednego całkowitego okresu. Odstęp roboczy, przez który elektrony przebiegają dopiero po przejściu przez przewód wewnętrzny B, powinien być odpowiednio wąski. Każde powiększenie szerokości tego odstępu wywołuje stratę wydajności, lecz odstęp ten nie może być zbyt mały, gdyż wtedy zwiększa się pojemność pomiędzy przewodnikiem wewnętrznym B i płaszczem zewnętrznym A w takim stopniu, iż długość fali drgań powiększa się poważnie. Kształt szpar i skrzydełek E jest uwidocznił tytułem przykładu na fig. 2c i 2d.

Dzięki użyciu pola magnetycznego do kierowania elektronów na drogę, przechodzącą przez układ elektrod, otrzymuje się strumień elektronów o dużym natężeniu. Można również użyć do tego celu przyrządu wyrzucającego elektrony.

Lampę wyładowczą, zaopatrzoną w pojedynczy rezonator opisany powyżej, można z łatwością dostosować do pracy na różnych częstotliwościach, a w tym celu metalowej rurce można nadać postać rozciąganej harmonijki lub w inny sposób zwiększyć znacznie długość lampy, stosując podziałkę mikrometryczną do zmieniania częstotliwości w granicach, wynoszących 25% częstotliwości średniej. Dzięki temu urządzenie według wynalazku jest znacznie lepsze od klustronów, stosujących oddzielne rezonatory do kontrolowania strumienia i do otrzymywania z niego energii, wobec trudności dostosowania tych rezonatorów do każdej częstotliwości.

Wydajność opisanych powyżej lamp elektrowych zależy między innymi od natężenia strumienia elektronów, przechodzących przez rezonator.

Szpary E można podzielić przegródkami (fig. 3), a wtedy zamiast strumienia pojedynczego otrzymuje się w odstępach dwie, trzy lub więcej równoległych wiązek elektronowych, a cały strumień można zwiększyć przez zwiększenie przekroju poprzecznego strumienia początkowego. Należy przy tym zauważyć, że pojemność nie zostaje powiększona przez czynnik, jakim jest strumień (przypuszcza się, że pojemność główna znajduje

się pomiędzy skrzydełkami przewodnika wewnętrznego B i powłoką zewnętrzną A).

W razie zastosowania pola magnetycznego nie jest możliwe użycie strumienia elektronów, skierowanych do siebie pod kątem, lecz w przypadku użycia układu elektrostatycznego można zastosować urządzenie przedstawione na fig. 4, gdzie trzy lub więcej strumieni zostaje skierowanych w różnych kierunkach wokół powłoki zewnętrznej i dochodzi do odpowiedniej liczby anod, znajdujących się z boku, zdala od punktu wejścia. Urządzenie to jest znacznie lepsze z mechanicznego punktu widzenia oraz z tego względu, że anody łatwiej jest utrzymać w stanie chłodnym, niż w urządzeniu przedstawionym na fig. 3.

Do skupienia strumienia elektronowego w celu skierowania go przez wąskie szpary w przewodniku, można zastosować niejednorodne pole magnetyczne. Gdy strumień przechodzi wzdłuż pola magnetycznego, to drogi poszczególnych elektronów przebiegają wzdłuż linii sił magnetycznych, a mianowicie drogi te mają postać linii śrubowej, nawiniętej ściśle wokół linii sił magnetycznych. Jeśli zaś ma powstać pole magnetyczne na katodzie H lampy o szeroko rozstawionych liniach sił, a w rezonatorze A o liniach sił w małych odstępach (fig. 5), to wtedy można skupić elektrony, wysłane ze stosunkowo dużej powierzchni, na drogę o znacznie mniejszym przekroju poprzecznym. Linie przerywane na fig. 5 oznaczają konieczny kierunek linii sił i jednocześnie otrzymane drogi, przebiegane przez elektrony.

Zastrzeżenia patentowe

1. Elektronowe urządzenie wyładowcze bardzo wielkiej częstotliwości, znamienne tym, że zasadniczo składa się z zamkniętego, wnekowego rezonatora dzielonego i z urządzenia do kierowania elektronów przez otwory w ściankach zewnętrznych i wewnętrznych rezonatora, wskutek czego szybkość elektronów, wchodzących do rezonatora, jest kontrolowana, a przy opuszczaniu rezonatora elektrony oddają wspólnie więcej energii rezonatorowi, niż jej otrzymują od tegoż rezonatora.
2. Elektronowe urządzenie według zastrz. 1, znamienne tym, że rezonator ma postać dwóch

wydrażonych przewodów współśrodkowych (A i B) z otworami (E), umieszczonymi wzdłuż linii, przechodzącej przez oś tych przewodów i prostopadłej do niej.

3. Elektronowe urządzenie z modulacją szybkości elektronów według zastrz. 1, znamienne tym, że zawiera rezonator w postaci krótkiego kawałka współosiowego przewodu o zamkniętych końcach, zaopatrzonego w otwory lub szpary, umieszczone wzdłuż linii, przechodzącej przez oś tego przewodu i prostopadłej do niej, oraz elektrody kierujące elektrony do tych szpar tak, aby przechodziły całkowicie przez ten przewód wzdłuż wspomnianej linii.
4. Urządzenie według zastrz. 1 — 3, znamienne tym, że ścianki rezonatora przy szparach lub otworach tworzą skrzydełka (C, D, E), określające wielkość kolejnych odstępów, przebieganych przez elektrony.
5. Urządzenie według zastrz. 1 — 4, znamienne tym, że odstęp pomiędzy ściankami rezonatora przebiegane kolejno przez elektrony, są różnych wielkości, przy czym drugi z kolei na drodze elektronów odstęp jest stosunkowo mały.
6. Urządzenie według zastrz. 1 — 5, znamienne tym, że zawiera przyrząd do wytwarzania pola magnetycznego wzdłuż żądanej drogi elektronów w celu ich skupienia na tej drodze.
7. Urządzenie według zastrz. 1 — 6, znamienne tym, że zawiera mechaniczny przyrząd do zmiany kształtu lub wymiarów rezonatora w celu regulacji jego częstotliwości.
8. Urządzenie według zastrz. 1 — 7, znamienne tym, że strumień elektronów jest w każdej szparze rozczepiony przez przegródki (F, fig. 3), związane z rezonatorem.
9. Urządzenie według zastrz. 1 — 8, znamienne tym, że rezonator zawiera pewną liczbę skierowanych do siebie pod kątem grup otworów, znajdujących się na linii prostej, przy czym każda z grup jest skojarzona z katodą (H).

International Standard
Electric Corporation
Zastępca: inż. W. Zakrzewski
rzecznik patentowy



