



Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 24.III.1964 (P 104 115)

Pierwszeństwo: 26.III.1963 Francja

Opublikowano: 6.XI.1965

Kl. 21a⁴, 8/01

MKP H 03 b

5/08

UKD

Twórca wynalazku: Charles Alphonse Beurtheret

Właściciel patentu: Compagnie Française Thomson — Houston, Paryż
(Francja)

Lampowy generator drgań elektrycznych

1

Wynalazek dotyczy lampowych generatorów drgań elektrycznych, w których za pomocą obwodu sprzężenia zwrotnego wprowadza się w oscylację lampę elektronową przyłączoną do obwodu rezonansowego. Generatory te nadają się do pracy zarówno przy wielkich częstotliwościach jak i przy częstotliwościach akustycznych, szczególnie przy częstotliwościach zawierających się między 3 kHz i 3 MHz. Zadaniem wynalazku jest uzyskanie optymalnej fazy napięcia sprzężenia zwrotnego.

Jest rzeczą znaną, że generatory drgań elektrycznych pracują z maksymalną sprawnością wówczas, gdy częstotliwość drgań pokrywa się z częstotliwością rezonansową obwodu rezonansowego a napięcie między siatką a katodą, jest dokładnie w fazie przeciwnej względem napięcia między anodą i katodą. W przypadku pracy ze sterowaniem w siatce, jak i w przypadku pracy ze sterowaniem w katodzie, różnicę potencjałów siatki i katody stanowi napięcie sterujące. Zgodnie z tą definicją optymalne przesunięcie fazowe między napięciem sterującym a napięciem anodowym w obydwóch przypadkach wynosi π radianów.

W znanych obecnie generatorach mocy stwierdzono, że rzeczywiste warunki pracy nie są zgodne z założeniami teoretycznymi i że między napięciem sterującym i napięciem anodowym istnieje pewne niewielkie przesunięcie fazowe, które zmienia się wraz z mocą i powoduje znaczny spadek sprawności anodowej generatora. Zjawisko to powstaje w wy-

2

niku samego charakteru obwodów sprzężenia zwrotnego stosowanych w tych generatorach. Zasadniczo stosuje się dwa typy układów. W pierwszym typie napięcie sprzężenia zwrotnego pobiera się z dzielnika napięcia który może być bądź pojemnościowy, bądź indukcyjny i który tworzy część obwodu anodowego. W drugim typie obwód rezonansowy połączony magnetycznie z układem wyjściowym jest przyłączony do zacisków wejściowych lampy elektronowej.

Pierwszy typ obwodu ma tę zaletę, że zależność między napięciem sterującym i napięciem anodowym jest prawie niezależna od częstotliwości roboczej i od oporności wejściowej lampy elektronowej, dzięki czemu generator może pracować przy zmiennych obciążeniach. Jednakże żądaną przeciwność faz tych dwóch napięć można uzyskać tylko przy skończonej wartości tej oporności, a przesunięcie fazowe jest wówczas mniejsze niż π .

Obwody drugiego typu teoretycznie umożliwiają otrzymanie przesunięcia fazowego wynoszącego π dla określonej wartości oporności wejściowej, ale przy założeniu, że obwód rezonansowy siatki nie jest dostrojony do wartości krytycznej obwodu anodowego. A zatem wszelka zmiana częstotliwości drgań lub oporności wejściowej lampy elektronowej, powoduje przy takim sprzężeniu zwrotnym znaczne przesunięcie fazowe różne od wartości.

Szczególna trudność występuje w generatorach, w których obwód wyjściowy tworzy układ obwo-

dów sprzężonych ponadkrytycznie, a zatem ma więcej niż jedną częstotliwość rezonansową. Aby można było wybrać jedną z tych częstotliwości roboczych, obwód sprzężenia zwrotnego musi być selektywny. Wypadek taki ma miejsce wówczas, gdy obwód sprzężenia zwrotnego zawiera obwód rezonansowy, biorąc jednak pod uwagę, jego niedostateczną sprawność pracy przy zmiennych obciążeniach, należy zastosować obwód z dzielnikiem napięcia, dzięki któremu można wzbudzić każdą częstotliwość rezonansową w obwodzie wyjściowym.

Zadaniem wynalazku jest stworzenie takiego generatora drgań elektrycznych, w którym optymalne przesunięcie fazowe między napięciem sterującym a napięciem anodowym można uzyskać niezależnie od obciążenia obwodu rozbudzenia.

Wynalazek dotyczy generatora drgań elektrycznych, w którym wzmacniającą lampę elektronową połączoną z rezonansowym obwodem wyjściowym, wprowadza się w oscylacje za pomocą obwodu sprzężenia zwrotnego, który składa się z czwórnika, przyłączonego z jednej strony do zacisków wejściowych lampy, a z drugiej strony — do dwóch punktów rezonansowego obwodu wyjściowego, przy czym czwórnik ten patrząc od strony lampy ma włączoną równolegle oporność bierną, która może się składać w całości lub częściowo z wejściowej oporności biernej lampy elektronowej, następnie włączona jest szeregowo oporność bierna o znaku przeciwnym do znaku pierwszej włączonej równolegle oporności biernej; z kolei włączona jest równolegle druga oporność bierna o znaku przeciwnym do znaku pierwszej włączonej szeregowo oporności biernej, a w końcu włączoną ma szeregowo oporność bierną, której wartość bezwzględna jest wielokrotnością pierwszej włączonej szeregowo oporności biernej.

W przypadku, gdy generator jest sterowany w siatce, wówczas druga z kolei oporność bierna szeregowo, z uwzględnieniem sposobu jej włączenia do reszty czwórnika, musi mieć taki sam znak jak pierwsza włączona szeregowo oporność bierna. W przypadku generatora sterowanego w katodzie oporność ta powinna mieć znak przeciwny.

Generator według wynalazku zostanie objaśniony na podstawie rysunku.

Na fig. 1 i 2 są przedstawione układy generatora według wynalazku ze sterowaniem odpowiednio w siatce i w katodzie, na fig. 3 — 5 układy sprzężenia zwrotnego, które mogą stanowić część składową generatorów według fig. 1 i 2, a na fig. 6 i 7 są przedstawione układy dwóch odmian generatora według wynalazku.

Układy z fig. 1 i 2 przedstawiają zasadę generatora według wynalazku. Z tego powodu nie zawierają one elementów pomocniczych, jak źródło zasilania prądu stałego i kondensatory blokujące.

Na fig. 1 jest przedstawiony układ generatora według wynalazku sterowanego w siatce. W skład jego wchodzi lampa elektronowa 1 na przykład trioda, obwód rezonansowy wyjściowy 2 składający się z kondensatora i indukcyjności i czwórnik 5 oporności biernej. Czwoórnik 5 przyłączony jest za pomocą zacisków 6 i 7 do siatki 8 i katody 3 lampy elektronowej 1 oraz za pomocą zacisków 9 i 10 do

końców obwodu rezonansowego 2. Zaciski 7 i 10 są bezpośrednio połączone wewnątrz czwórnika 5. Cyfrą 11 jest oznaczona składowa rzeczywista impedancja wejściowej lampy 1. Dla uproszczenia wyjaśnień przyjmuje się, że pierwsza oporność bierna 12 włączona równolegle w czwórniku 5 ma charakter pojemnościowy.

Druga włączona równolegle oporność bierna 13 ma zatem również charakter pojemnościowy a dwie szeregowo włączone oporności bierne 14 i 15 są opornościami indukcyjnymi, przy tym wartość bezwzględna oporności 15 jest znacznie większa, niż wartość bezwzględna oporności 14. Takie wykonanie wynalazku ma tę zaletę, że kondensator, który jest bezpośrednio włączony do zacisków wejściowych lampy elektronowej, stanowi bocznik dla składowych harmonicznych prądu siatki, zmniejszając ich niekorzystne oddziaływanie na kształt krzywej napięcia sterującego. Wynalazek dotyczy w szczególności takich układów generatora, w których bezwzględna wartość oporności 12 jest o połowę mniejsza od wartości bezwzględnej oporności wejściowej lampy elektronowej.

Na zaciskach 6 i 7 czwórnika 5 otrzymuje się napięcie zmienne, przesuniętego w fazie o kąt π względem napięcia na zaciskach 9 i 10. Jeżeli wartość indukcyjności 15 jest dostatecznie duża to prąd I, wpływający przez zacisk 9 do czwórnika jest zależny wyłącznie od tej indukcyjności. Prąd ten jest opóźniony o kąt $\frac{\pi}{2}$ względem napięcia na zaciskach 9 i 10. Jeżeli wartość bezwzględna biernej oporności pojemnościowej 13 i indukcyjnej 14 jest taka sama to na zaciskach 6 i 7 otrzymuje się napięcie opóźnione o kąt $\frac{\pi}{2}$ względem prądu I.

Napięcie sterujące jest zatem opóźnione o kąt π względem napięcia anodowego, niezależnie od wartości składowej i rzeczywistej impedancji wejściowej lampy 1 i pojemnościowej oporności biernej 12. W rzeczywistości skończonej wartości indukcyjności 15 przesunięcie fazowe prądu I jest mniejsze niż $\frac{\pi}{2}$, odejmując zaś wartości oporności biernych 13 i 14 od ich wartości rezonansowych otrzymujemy opóźnienie napięcia na zaciskach 6 i 7 większe niż $\frac{\pi}{2}$ względem prądu I tak, że w efekcie końcowym napięcie sterujące przesuwają się o kąt względem napięcia anodowego.

Takie przesunięcie fazy można uzyskać dla każdej amplitudy napięcia sterującego, mniejszej od amplitudy anodowego napięcia zmiennego, za pomocą zmiany wartości oporności biernych 13, 14 i 15, a w szczególności włączonej szeregowo oporności indukcyjnej 15 i włączonej równolegle oporności pojemnościowej 13. Oporność bierna 15 prawie wyłącznie wpływa na amplitudę a oporność bierna 13 prawie wyłącznie na fazę napięcia sterującego, natomiast oporność indukcyjna 14 wpływa na fazę i amplitudę. W układzie według wynalazku oporność bierna 15 oraz oporność bierna 13 są regulowane.

Ponadto, szczególnie korzystne zależności są pomiędzy wartością pierwszej włączonej szeregowo

oporności biernej 14, pierwszej włączonej równolegle oporności biernej 12 i włączonej równolegle drugiej oporności biernej 13. Jeżeli przy częstotliwości roboczej oporności biernej 14, 12, i 13 mają tę samą wartość bezwzględną X_0 , to część czwórnika składająca się z tych oporności biernych, stanowi obwód przekształtnika oporności pozornej, znane również jako „obwód Boucherota”.

W miejscu włączania oporności biernej 13 wystąpi zatem połączona szeregowo z opornością bierną 15 wyłącznie oporność pozorna 16 o wartości X_0^* , a faza napięcia na tej oporności 16 wyprzedza o $\frac{\pi}{2}$ napięcie sterujące na zaciskach 6 i 7,

niezależnie od wartości R_g . Przy nieskończonej wartości oporności biernej 15 przesunięcie fazowe między napięciem anodowym a napięciem sterującym wynoszące π uzyskuje się zatem niezależnie od wielkości obciążenia lampy elektronowej.

Jeżeli oporność bierna 15 ma wartość skończoną, ale dużą w stosunku do oporności 16, to uzyskuje się podobny skutek, pomimo nieznacznej rozbieżności z idealnym obwodem Boucherota. W układzie według wynalazku wartości oporności biernych 12, 14, 13 są tak dobrane, że dla częstotliwości rezonansowej obwodu wyjściowego lub dla jednej z jego częstotliwości rezonansowych, żadna z wartości bezwzględnych tych trzech oporności nie różni się więcej niż dwukrotnie od każdej z dwóch pozostałych oporności. Praktyka wykazała, że w tak określonym zakresie uzyskuje się amplitudę sterującą, zasadniczo niezależną od obciążenia generatora dla stosowanych w praktyce wartości oporności biernej 15 przy przesunięciu fazowym wynoszącym π .

Przy obliczaniu wartości elementów czwórnika stanowiącego część generatora według wynalazku, przyjmuje się, że wartość pierwszej włączonej równolegle oporności biernej zależy od biernej oporności wejściowej lampy elektronowej i biernej oporności elementu dołączonego do lampy. W zakresie wysokich częstotliwości, pojemność wejściowa lampy elektronowej przyjmuje czasami taką wartość, że zewnętrzna oporność bierna staje się zbędna. Istnieją nawet przypadki, w których pojemność wejściową lampy elektronowej należy umieszczać równolegle z zewnętrznym dławikiem dla zapewnienia oporności biernej, odpowiedniej wartości, w celu regulowania czwórnika.

Podobne zależności mają również miejsce w przypadku generatora sterowanego w katodzie, jaki przedstawiony jest na fig. 2, gdzie elementy identyczne z elementami z fig. 1 oznaczone są tymi samymi liczbami natomiast elementy, które spełniają podobne funkcje lecz mają inne wielkości lub są umieszczone w innym miejscu, oznaczone są liczbami z literą „a”.

W odróżnieniu od generatora sterowanego w siatce przedstawionego na fig. 1, w generatorze sterowanym w katodzie według fig. 2, siatka 8 jest przyłączona do zacisku 7 czwórnika który to zacisk jest bezpośrednio przyłączony do zacisku 10 po stronie przeciwnej czwórnika. Natomiast sposób przyłączania zacisków 9 i 10 do obwodu rezonanso-

wego 2 jest taki sam jak w generatorze sterowanym w siatce. Biegunowość napięcia sterującego, nie byłaby zatem biegunowością żadaną, gdyby budowa czwórnika była taka jak przedstawiono na fig. 1. W celu uzyskania właściwej biegunowości oporność bierna 15a czwórnika 5a ma znak przeciwny niż oporność bierna 16 czwórnika 5, to znaczy, że oporność bierna 15a jest opornością pojemnościową.

Ponieważ napięcie na cewce 16a jest przesunięte względem napięcia na zaciskach 9 i 10 o kąt mniejszy niż $\frac{\pi}{2}$ więc napięcie na cewce 16a wzrasta.

Powstała różnica w przesunięciu fazowym zmniejsza się do zera wskutek opóźnienia uzyskanego w pozostałej części czwórnika. Oporności bierne 12a, 13a, 14a mają takie wartości, że powodują przesunięcie fazowe mniejsze niż π , przy tym dobranie takich wartości następuje jak w przypadku oporności biernych 12, 13, 14 czwórnika 5, w którym żądane przesunięcie fazowe było większe niż $\frac{\pi}{2}$.

W ten sam sposób, tak jak oporności bierne 12, 13, 14 oporności bierne 12a, 13a, i 14a mogą tworzyć obwód Boucherota tak, że amplituda napięcia sterującego jest niezależna od oporności wejściowej lampy elektronowej.

Według odmiany wykonania wynalazku przedstawionej na fig. 3 i 4, czwórnik powodujący sprzężenie zwrotne zawiera między dwiema opornościami biernymi włączony szeregowo transformator 17, który obniża napięcie po stronie oporności biernej 14. Oporność bierna 13 może być wtedy bądź umieszczona w całości z jednej ze stron transformatora, jak przedstawiono na fig. 3, bądź też podzielona na dwie części umieszczone odpowiednio po obydwóch stronach transformatora. Jest rzeczą korzystną, że w celu spełnienia tych samych funkcji, wartość oporności biernej lub części oporności biernej umieszczonej po stronie wyższego napięcia jest pomnożona przez kwadrat stosunku przekładni transformatora do oporności biernej po stronie niższego napięcia.

Należy również zaznaczyć, że indukcyjności pasywnicze i pojemności pasywnicze transformatora 17 należy uwzględniać w obliczeniach wartości elementów czwórnika, w szczególności w obliczeniach wartości oporności biernych 15, 13, 13a, 13d. Powyższa odmiana wykonania układu generatora według wynalazku ma tę zaletę, że przez drugie włączone szeregowo oporności bierne płynie mniejszy prąd a zatem zmniejsza się moc bierna. Poza tym napięcie prądu stałego w obwodzie anodowym i napięcie siatki są rozdzielone co zastępuje częściowo kondensator blokujący. W przypadku, gdy oporność bierna 15 jest opornością indukcyjną, można tę oporność stosować bezpośrednio w postaci dławika.

Przy tej odmianie drugą oporność bierną włączoną szeregowo można wykonać w postaci dławika, bądź w postaci kondensatora i to zarówno w generatorze sterowanym w katodzie jak i w siatce za pomocą wybrania w odpowiedni sposób kierunku nawinięcia uzwojeń transformatora i sposobu ich połączenia z graniczącymi członami w czwórniku.

Na fig. 5 jest przedstawiony przykład czwórnika,

który może zastąpić czwórnik 5 z fig. 1. Dławik 15 zastąpiony jest kondensatorem 15c. Skrzyżowanie wyprowadzenia jednego z uzwojeń transformatora daje układ, w którym napięcia o przeciwnej biegunowości znajdują się na odpowiednich końcach 34 i 35 oporności biernych 14 i 15c. Kondensator 13 z fig. 1 zastąpiony jest ponadto kondensatorem 13c umieszczonym po stronie uzwojenia transformatora o podwyższonym napięciu.

Jeżeli chodzi o obwód anodowy generatora, to wynalazek ten nie ogranicza się do jakiegokolwiek konkretnego typu obwodu rezonansowego. Wynalazek dotyczy jednak konkretnego generatora, ponieważ opisany wyżej obwód sprzężenia zwrotnego zastosowany jest w każdym z jego wykonania, przy czym rezonansowy obwód wyjściowy składa się z zespołu obwodów sprzężonych ponad krytycznie.

W francuskim opisie patentowym nr 1.296.598, zgłoszonym w dniu 28 marca 1961 r. przez towarzystwo „Aplicant Company”, podany jest opis generatora o dużej elastyczności dopasowywania, w przypadku zmiennych obciążeń spowodowanych zastosowaniem obwodu wyjściowego, złożonego z dwóch obwodów sprzężonych ponad krytycznie, z których jeden zawiera opornik sprzężenia zwrotnego i może oscylować w sposób trudny do przewidzenia przy jednej ze swych dwóch częstotliwości rezonansowych.

Zjawisko to, nie przeszkadza poprawnej pracy generatora, utrudnia jednak jego stosowanie. W przypadku generatora z obwodami anodowymi sprzężonymi ponad krytycznie, według wynalazku, wzbudzenie występuje tylko przy jednej częstotliwości, a to wskutek selektywności obwodu sprzężenia zwrotnego opisanego wyżej, który utworzony jest w postaci filtru. Oprócz tej zalety generator ma ponadto zwiększoną sprawność anodową, dzięki możliwości uzyskania właściwej fazy napięcia sterującego lampę elektronową.

Na fig. 6 i 7 są przedstawione ideowe schematy układu generatora według wynalazku. Generator według fig. 6 zawiera obwód sprzężenia zwrotnego przedstawiony na fig. 5, w którym włączone równolegle oporności biernie 12 i 13c są opornościami pojemnościowymi. Pierwsza włączona szeregowo oporność bierna 14 jest opornością indukcyjną a druga 15c — pojemnościową. Transformator 17 umieszczony jest między pierwszą włączoną szeregowo opornością bierną a drugą włączoną równolegle.

Źródło napięcia 18 zasilą bezpośrednio żarzoną katodę 3 lampy 1 a źródło 19 dostarcza wysokie napięcie prądu stałego do anody 4, przez cewkę dławikową 20. Napięcie wstępne siatki 8 uzyskuje się za pomocą opornika 21 zbocznikowanego kondensatorem 22. Anodowy obwód rezonansowy składa się z kondensatora 24 i indukcyjności 25. Obciążenie wyjściowe stanowi opornik 26 włączony w szereg z indukcyjnością 25. Kondensator blokujący 27 oddziela obwód rezonansowy od prądu stałego.

Generator według fig. 7 różni się zasadniczo od generatora z fig. 6 budową obwodu sprzężenia zwrotnego i obwodu rezonansowego wyjściowego. W obwodzie sprzężenia zwrotnego, o układzie we-

dług fig. 3, druga oporność bierna 15 włączona szeregowo odgrywa jednocześnie rolę dławika. Obwód wyjściowy 28 jest typem układu opisanego w patencie francuskim wspomnianym wyżej.

Obwód rezonansowy składający się z indukcyjności 29 kondensatora 30 i opornika 31 należącego do obciążenia użytecznego, włączony jest szeregowo do drugiego obwodu zawierającego indukcyjność 32 i kondensator 33. Układ 28 zawiera zatem dwa obwody sprzężone ponad krytycznie i ma dwie częstotliwości rezonansowe. Dzięki selektywności obwodu sprzężenia zwrotnego można wybrać jedną z tych częstotliwości za częstotliwość roboczą. Należy zaznaczyć, że opisane odmiany wykonania wynalazku nie są jedynymi możliwymi do zrealizowania, przy czym można dokonywać licznych zmian nie wykraczając poza zakres wynalazku.

Zastrzeżenia patentowe

1. Lampowy generator drgań elektrycznych, **znamienny tym**, że ma obwód sprzężenia zwrotnego, który wywołuje oscylacje w wzmacniającej lampie elektronowej (1), przyłączonej do rezonansowego obwodu wyjściowego (2), przy czym obwód sprzężenia zwrotnego (5) składa się z czwórnika, przyłączonego z jednej strony do zacisków wejściowych lampy elektronowej (1) a z drugiej strony do dwóch punktów obwodu rezonansowego wyjściowego (2), który to czwórnik (5) patrząc od strony lampy (1) zawiera włączoną równolegle oporność bierną 12, która może składać się całkowicie lub częściowo z oporności biernej wejściowej lampy (1) oraz włączoną szeregowo oporność bierną (14) o znaku przeciwnym do pierwszej włączonej równolegle oporności biernej, po czym kolejno włączoną ma równolegle oporność bierną (13) o tym samym znaku co pierwsza włączona równolegle oporność bierna (12) a w końcu ma włączoną szeregowo drugą oporność bierną (15), której wartość bezwzględna jest wielokrotnością wartości bezwzględnej oporności biernej (14), przy czym oporność bierna (15) tak jest połączona z resztą czwórnika (5), że patrząc od strony lampy (1) ma ten sam znak, co oporność bierna (14), gdy generator jest sterowany w siatce, a znak przeciwny, gdy generator jest sterowany w katodzie.
2. Lampowy generator według zastrz. 2, **znamienny tym**, że ma dwie równolegle włączone oporności bierne (12, 13), które są opornościami pojemnościowymi.
3. Lampowy generator według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że wartość bezwzględna pierwszej równolegle włączonej oporności biernej jest mniejsza niż połowa oporności wejściowej lampy elektronowej.
4. Lampowy generator według zastrz. 1, 2 lub 3, **znamienny tym**, że wartość bezwzględna każdej z włączonych równolegle oporności biernych (12, 13) oraz pierwszej włączonej szeregowo oporności (14) nie różni się więcej niż o współczynnik 2 od wartości bezwzględnej każdej z dwóch pozostałych.

5. Lampowy generator według zastrz. od 1 do 4, **znamienny tym**, że między dwiema włączonymi szeregowo opornościami biernymi (14, 15) ma włączony transformator (17) tak, że uzwojenie o mniejszej liczbie zwojów znajduje się po stronie pierwszej włączonej szeregowo oporności biernej (14), a druga z kolei równolegle włączona oporność bierna (13) włączona jest bądź w całości z jednej strony transformatora,

bądź podzielona na dwie części umieszczone po jego obydwóch stronach.

6. Lampowy generator według zastrz. 1 do 5, **znamienny tym**, że ma regulowaną oporność bierną (13) włączoną równolegle oraz oporność bierną (5) włączoną szeregowo.

7. Lampowy generator według zastrz. od 1 do 6, **znamienny tym**, że ma obwód rezonansowy wyjściowy, który składa się z zespołu dwóch obwodów rezonansowych sprzężonych ponadkrytycznie.

10

Fig. 1

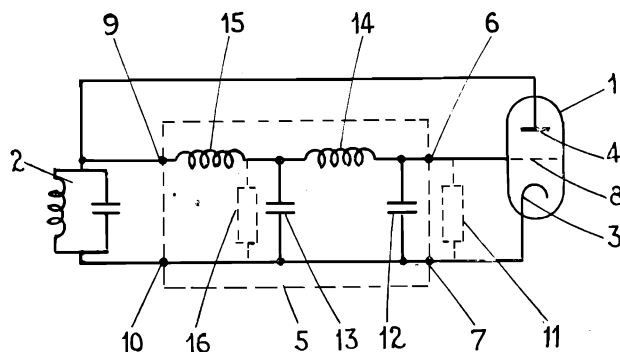


Fig. 2

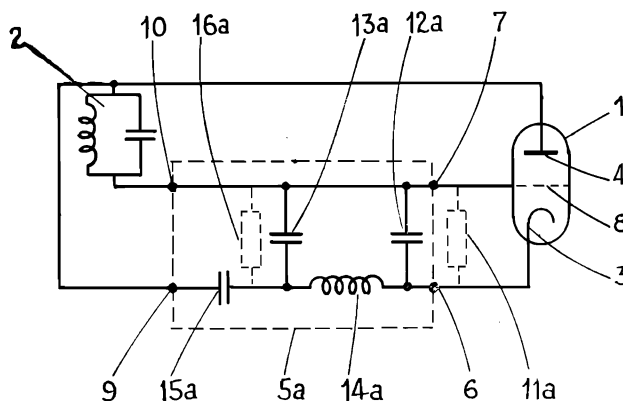


Fig 6

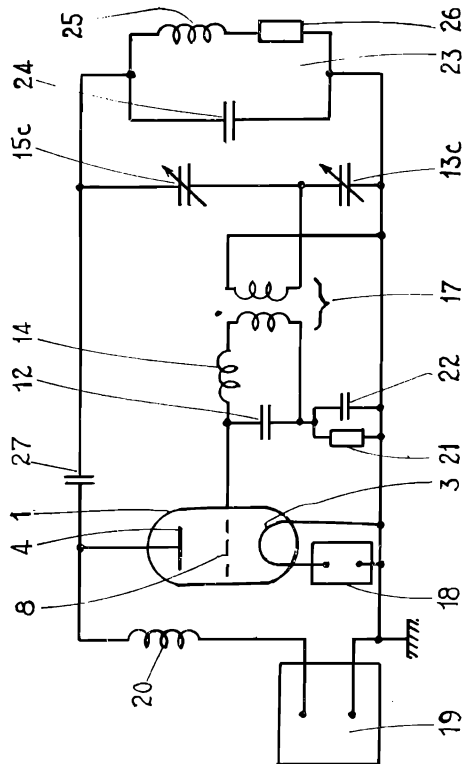


Fig 7

