

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

53741

Patent dodatkowy
do patentu

nr 49 327

Zgłoszono:

14.IV.1966 (P 114 037)

Pierwszeństwo:

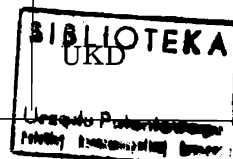
17.IV.1965 Holandia

Kl. 21 a⁴,1/01

MKP H 03

c 1/52

Opublikowano: 15. IX. 1967



Właściciel patentu: N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Holandia)

Urządzenie nadawcze do transmisji drgań z modulacją amplitudową

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie nadawcze do transmisji drgań z modulacją amplitudową, w którym treść informacji jest zawarta w jednej wstędze bocznej. Urządzenie nadawcze jest wyposażone w pierwszy modulator amplitudy zasilany sygnałami podlegającymi transmisji i przynależny do niego oscylator fali nośnej i filtr wyjściowy, przy czym z pierwszego modulatora amplitudy jest odprowadzana do dalszego przetwarzania częstotliwość nośna i jedna ze wstęg bocznych. W drugim modulatorze amplitudy zostaje zmodulowany sam ze sobą sygnał przychodzący z pierwszego modulatora. Urządzenie nadawcze jest dalej wyposażone w filtr wyjściowy, który przepuszcza tylko pasmo częstotliwości przy podwójnej wartości częstotliwości nośnej, przy czym sygnały z drugiego modulatora amplitudy są doprowadzane do ogranicznika amplitudy, a sygnały o stałej amplitudzie pochodzące z ogranicznika są doprowadzane jako fala nośna do stopnia modulatora wyjściowego, zaś sygnały podlegające transmisji są doprowadzane do tegoż modulatora wyjściowego jako napięcie modulujące.

Jak zostało wyczerpująco wyjaśnione w patencie głównym, urządzenie nadawcze tego rodzaju przynosi korzyści w zastosowaniu do celów radiotechnicznych, ponieważ transmitowane sygnały są odbierane z wysoką jakością odtwarzania za pomocą normalnego odbiornika z modulacją amplitudy a niezależnie od tego zostaje zwiększona wydajność

2

moc sygnałów informacji w stosunku do mocy fali nośnej, przy niezmienionej mocy nadajnika. Uzyskuje się także oszczędność w szerokości pasma, ponieważ treść informacji jest zawarta w jednej wstędze bocznej. Jak wynika z dalszych rozważań, nazewnątrz właściwej wstęgi bocznej występują dodatkowo składowe sygnały. Są one w dużym stopniu tłumione.

Celem wynalazku jest wprowadzenie większego tłumienia składowych częstotliwości leżących nazewnątrz właściwej wstęgi bocznej, w wyniku czego uzyskuje się poprawę jakości odtwarzania jak również zmniejszenie wzajemnego oddziaływania na siebie sąsiadujących ze sobą stacji nadawczych.

Urządzenie według wynalazku jest tym znamiennie, że do wejścia stopnia ogranicznika jest dołączone dodatkowe urządzenie korekcyjne, które moduluje z podwójną wartością częstotliwości nośnej składowe zniekształcające występujące przy modulacji amplitudowej sygnału wyjściowego drugiego modulatora i doprowadza tak otrzymany sygnał w przeciwnej fazie do wejścia ogranicznika.

Szczególnie korzystna odmiana wykonania urządzenia według wynalazku, odznaczająca się daleko posuniętą prostotą konstrukcji, jest tym znamiennie, że urządzenie korekcyjne zawiera modulator amplitudy, w którym sygnał jednowstęgowy bez fali nośnej, lub z falą nośną tłumioną, zostaje zmodulowany sam ze sobą, przechodzi kolejno przez filtr dolnoprzepustowy i modulator przeciw-

sobny, do którego jest doprowadzona z oscylatora przez podwajacz częstotliwości fala nośna pierwszego stopnia modulacji, przy czym obwód wyjściowy modulatora przeciwsobnego jest dołączony do wejścia ogranicznika.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia według wynalazku, fig. 2 i 3 — wykresy objaśniające urządzenie według wynalazku i fig. 4 przedstawia schemat uproszczonego urządzenia według fig. 1.

Urządzenie nadawcze według fig. 1 jest przeznaczone do transmisji sygnałów akustycznych, np. muzyki albo rozmowy, w paśmie od 30 do 9.000 Hz. W urządzeniu tym sygnały pochodzące z mikrofonu 1 są prowadzone przez filtr dolnoprzepustowy 2 i wzmacniacz małej częstotliwości 3 do modulatora 4, do którego jest dołączony również oscylator fali nośnej 5 o częstotliwości np. 400 kHz. Z obwodu wyjściowego modulatora amplitudy 4 jest odprowadzana przy zastosowaniu filtru 6, razem z częstotliwością nośną, górna wstęga boczna o szerokości pasma od 400,030 do 4009 kHz.

Przedstawiona tutaj transmisja jednowstęgowa z falą nośną wykazuje korzyści w porównaniu z normalną modulacją amplitudy, ponieważ przy jednakowej mocy nadajnika może być znacznie powiększona moc sygnałów niosących informacje.

Równocześnie staje się możliwa oszczędność częstotliwości. Jednak przy odbiorze drgań transmitowanych przez omawiane urządzenie nadawcze występują w odbiorniku z normalną modulacją amplitudy poważne zniekształcenia, np. około 15 dB przy indeksie modulacji 0,7. W patencie głównym zostały podane środki, których zastosowanie powodowało daleko idące obniżenie zniekształceń odbieranych sygnałów przy użyciu normalnego odbiornika z modulacją amplitudy, tak że obok wymienionych wyżej korzyści uzyskiwana była równocześnie bardzo wysoka jakość odtwarzania.

Jako pierwszy środek zaradczy został zastosowany, według patentu głównego, modulator amplitudy 9 umieszczony za modulatorem 4, przy czym sygnał czerpany z modulatora 4 poddany zostaje modulacji amplitudy przy zastosowaniu tego samego sygnału jako częstotliwości modulującej. Za modulatorem 9 jest umieszczony filtr wyjściowy 10, który przepuszcza tylko sygnały leżące w paśmie sygnału przy podwójnej częstotliwości nośnej. W podanym przykładzie wykonania, sygnał czerpany z modulatora amplitudy 4 zostaje doprowadzony do modulatora amplitudy 9 z jednej strony jako fala nośna przez linię 11, zaś z drugiej strony jako sygnał modulujący przez linię 12.

Jeżeli np. sygnał wyjściowy modulatora amplitudy 4 składa się z fali nośnej T o amplitudzie 1 i częstotliwości ω , jak również ze wstęgi bocznej sygnału o amplitudzie a i częstotliwości $(\omega + p)$, to sygnał ten określony wzorem $\cos(\omega + p)t$ zostaje zmodulowany sam ze sobą w modulatorze 9, w wyniku czego powstaje, przy podwójnej wartości częstotliwości fali nośnej sygnał:

$\frac{1}{2} \cos 2\omega t + a \cos(2\omega + p)t + \frac{1}{2} a^2 \cos(2\omega + 2p)t$, który jest przepuszczany przez filtr wyjściowy 10.

Przebieg ten został zilustrowany na rysunku, na którym fig. 2a przedstawia widmo częstotliwości sygnału wyjściowego modulatora amplitudy 9, przy czym amplituda fali nośnej, której częstotliwość wynosi 2ω została sprowadzona do wartości 1.

W patencie głównym został wyciągnięty wniosek, że w wyniku zastosowania przytoczonego wyżej, bardzo prostego środka, przy odbiorze sygnałów przenoszonych przez modulator amplitudy 9, jakość odtwarzania w normalnym odbiorniku z modulacją amplitudy zostaje znacznie poprawiona. Obwiednię sygnału według fig. 2b przedstawia wzór:

$$\sqrt{(1 + 2a \cos pt + a^2 \cos 2pt)^2 + (2a \sin pt + a^2 \sin 2pt)^2}$$

po uproszczeniu $1 + a^2 + 2a \cos pt$, to znaczy, że przy odbiorze, w normalnym odbiorniku z modulacją amplitudy, sygnał zostaje odtworzony bez zniekształceń. Na fig. 2c jest przedstawione widmo sygnału obwiedni.

W ten sposób została uzyskana znaczna poprawa jakości odtwarzania w normalnym odbiorniku z modulacją amplitudy. Jeżeli jednak transmitowany sygnał składa się z wielu, równocześnie występujących częstotliwości, wówczas powstają zniekształcenia sygnału, które są wynikiem intermodulacji. Jeżeli transmisji podlegają równocześnie, np. dwie składowe o amplitudzie a względnie b i o częstotliwości p względnie q wówczas widmo sygnału wyjściowego modulatora 9 wygląda jak na fig. 2d, zaś widmo sygnału obwiedni, jak na fig. 2e. Z rozważań wynika, że obok składowej pożądananej $2a$ względnie $2b$ o częstotliwościach p względnie q , jak to widać na fig. 2e, występuje człon zniekształcający $2ab$ drugiego rzędu, o częstotliwości $q - p$, który w najniekorzystniejszym przypadku wynosi — 25 dB.

Dalsze środki zmierzające do usunięcia wspomnianych ostatnio zniekształceń mają przebieg, zgodnie z patentem głównym, jak następuje. Sygnał wyjściowy modulatora amplitudy 9 jest doprowadzony do ogranicznika amplitudy 28, gdzie zostaje ograniczony do stałej wartości, zaś ten ograniczony sygnał o stałej amplitudzie, po wzmocnieniu we wzmacniaczu 29 zostaje doprowadzony jako fala nośna do modulatora wyjściowego 30. Jako sygnał modulujący zostaje doprowadzony do tegoż modulatora wyjściowego 30 sygnał o częstotliwości akustycznej czerpany z demodulatora 19 połączonego synchronicznie ze stopniem modulatora 4. W celu uzyskania synchronicznej demodulacji, do demodulatora 19 jest dołączony oscylator fali nośnej 5, przy czym uzyskany w wyniku synchronicznej demodulacji sygnał o częstotliwości akustycznej jest doprowadzony do modulatora wyjściowego 30 przez filtr dolnoprzepustowy 20, nastawny regulator amplitudy 31, przesuwnik fazowy 32 i wzmacniacz 33. Sygnał o modulowanej amplitudzie wyprowadzony z modulatora 30 zostaje doprowadzony do anteny nadawczej 8 przez obwód wyjściowy 34.

W modulatorze wyjściowym 30, sygnał ograniczony w ograniczniku amplitudy 28 zostaje zmo-

dułowany początkowym sygnałem akustycznym, to znaczy sygnał obwiedni sygnału przenoszonego przez modulator 9 zostaje zastąpiony w modulatorze wyjściowym 30 przez początkowy sygnał małej częstotliwości, w wyniku czego obwiednia drgań modulowanych w modulatorze wyjściowym 30 otrzymuje pożądaną kształt zapewniający odbiór wolny od zniekształceń przy użyciu normalnego odbiornika z modulacją amplitudy. Następstwem przytoczonego tu przebiegu modulacyjnego w przenoszonym widmie częstotliwości (np. przy równoczesnej transmisji składowych a i b) jest fakt, że do widma przedstawionego na fig. 2d dochodzą oba człony drugiego rzędu (patrz fig. 2f) o amplitudzie ab i częstotliwości $2\omega - (q - p)$ i $2\omega + (q - p)$, jak również nie przedstawione na fig. 2f człony wyższego rzędu które odpadają częściowo nazewnątr właściwego pasma częstotliwości. Niezależnie od tego, że te człony wyższego rzędu położone nazewnątr właściwego pasma częstotliwości powodują zakłócenia sąsiadujących stacji nadawczych, należy obniżyć poziom tych członków wyższego rzędu aby otrzymać optymalną jakość odtwarzania w normalnym odbiorniku z modulacją amplitudy. Składowe widma wewnątrz pasma przenoszonego przez normalny odbiornik z modulacją amplitudy wymagają mianowicie odtworzonego sygnału obwiedni, który dopiero przy odbiorze wszystkich składowych widma będzie odpowiadał dokładnie pierwotnemu sygnałowi małej częstotliwości.

Celem wynalazku jest obniżenie do minimum składowych wyższego rzędu położonych nazewnątr pasma sygnału.

Cel wynalazku został osiągnięty przez przyłączenie do wejścia stopnia ogranicznika 28 dodatkowego urządzenia korekcyjnego 35, które moduluje zniekształcone składowe sygnały występujące podczas modulacji amplitudy sygnału wyjściowego drugiego modulatora amplitudy 9 z podwójną wartością częstotliwości nośnej oscylatora 5 dołączonego do pierwszego modulatora amplitudy 4 i tak zmodulowane sygnały doprowadza w przeciwnym kierunku do wejścia ogranicznika 28.

Szczególnie interesujące urządzenie korekcyjne składa się z modulatora amplitudy 36 zasilanego sygnałami podlegającymi przenoszeniu i z dołączonego za nim filtru jednowstęgowego 37 do wytwarzania sygnału jednowstęgowego bez fali nośnej, następnie z drugiego modulatora amplitudy 38, w którym jednowstęgowy sygnał czerpany z modulatora 36 zostaje zmodulowany sam ze sobą, po czym zostaje wyprowadzony do filtru wyjściowego 39. Filtr wyjściowy 39 jest filtrem dolnoprzepustowym, który przepuszcza sygnały zawarte w paśmie częstotliwości akustycznych do dalszego przetwarzania. Sygnał wyjściowy modulatora amplitudy zostaje poddany ponownej modulacji w modulatorze przeciwobnym 40 przy częstotliwości nośnej 2ω następnie jest prowadzony przez filtr wyjściowy 41, nastawny na regulator amplitudy 42, nastawny przesuwnik fazowy 43 do urządzenia sumującego 44, w którym we właściwej fazie i wielkości zostaje dodany do sygnału wyjściowego modulatora amplitudy 9. Widmo częstotliwości na wyjściu urządzenia sumującego 44 odpowiada fig. 3a zaś odpowiadają-

ce widmo częstotliwości sygnału obwiedni na wyjściu całego urządzenia odpowiada fig. 3b.

Przy równoczesnej transmisji kilku częstotliwości akustycznych, np. obok częstotliwości akustycznej p o amplitudzie a jeszcze jednej częstotliwości akustycznej q o amplitudzie b powstaje, jak to zostało pokazane na fig. 3c, sygnał wyjściowy przez modulację wytworzonego w modulatorze 38 sygnału jednowstęgowego bez fali nośnej, który to sygnał jest modulowany sam ze sobą. Sygnał wyjściowy składa się z napięcia stałego proporcjonalnego do sumy kwadratów amplitud a i b jak również z produktu intermodulacji drugiego rzędu. Sygnał ten pod względem częstotliwości ($q - p$) i amplitudy $2ab$ jest dokładnie taki sam jak składowa zniekształcająca przy odbiorze sygnałów wyjściowych modulatora amplitudy 9 w normalnym odbiorniku z modulacją amplitudy (patrz fig. 2e). Jeżeli zatem, wytworzony w modulatorze 38 sygnał wyjściowy zostanie zmodulowany w modulatorze 40 z częstotliwością nośną 2ω a następnie poprowadzony przez regulator amplitudy 42 i przesuwnik fazowy 43 do urządzenia sumującego 44, w którym przy właściwej amplitudzie i w przeciwnej fazie zostanie dodany do sygnału wyjściowego modulatora amplitudy 9, wówczas nie występują zniekształcenia przy odbiorze w normalnym odbiorniku z modulacją amplitudy. Fig. 3d przedstawia widmo częstotliwości na wyjściu urządzenia sumującego 44, przy czym obok widma częstotliwości przenoszonych przez modulator amplitudy 9 (patrz fig. 2d) przenoszone są jeszcze dwie leżące po obu stronach fali nośnej częstotliwości wstęg bocznych: $2\omega - (q - p)$ i $2\omega + (q - p)$ z amplitudą ab .

W urządzeniu sumującym powstał w ten sposób sygnał który po ograniczeniu amplitudy w ograniczniku 28 służy do wytwarzania częstotliwości fali nośnej dla modulatora amplitudy 30 i przy braku składowych trzeciego i wyższych rzędów ma w widmie sygnał obwiedni dający już przybliżenie drugiego rzędu do transmitowanych sygnałów akustycznych. Sygnałowi obwiedni nadany zostaje właściwy kształt w modulatorze amplitudy 30 czemu towarzyszy silne obniżenie poziomu składowych częstotliwości trzeciego i wyższych rzędów a zatem także składowych położonych nazewnątr właściwej wstęgi bocznej. Poziom tych składowych wyższego rzędu obniża się z powodu nieliniowych przebiegów w ograniczniku 28 i w modulatorze amplitudy 30 w sposób progresywny wraz z różnicą kształtu pomiędzy obwiednią sygnałów doprowadzonych do ogranicznika 28 a pierwotnymi sygnałami akustycznymi, która to różnica została obniżona do minimum przez zastosowanie środków według wynalazku. W przykładzie wykonania obniżony został poziom składowych częstotliwości położonych na zewnątrz właściwej wstęgi bocznej o 50 dB w stosunku do fali nośnej przy indeksie modulacji 80%.

Urządzenie według wynalazku, przy minimalnym oddziaływaniu na sąsiadujące stacje nadawcze, daje optymalną jakość odtwarzania podczas odbioru przy użyciu normalnego odbiornika z modulacją amplitudy, przy czym stosowana do tego celu aparatura nie jest skomplikowana. Aparatura ta może być jeszcze bardziej uproszczona jak to zostało po-

kazane na fig. 4 (omówionej dalej szczegółowo), Urządzenie według wynalazku charakteryzuje się jeszcze tym, że przenoszonemu sygnałowi może być nadany charakter wstęgi bocznej. W tym celu, w obu wytworzonych w modulatorze amplitudy 40 wstęgach bocznych: $2\omega - (q - p)$ i $2\omega + (q - p)$ zostaje stłumiona za pomocą filtru wstęga boczna $(q - p)$ zaś amplituda drugiej wstęgi bocznej: $2\omega + (q - p)$ zostaje podwójona. Także i w tym przypadku obwiednia sygnałów występujących w urządzeniu sumującym 44 daje przybliżenie drugiego rzędu początkowych sygnałów akustycznych.

Na fig. 4 jest pokazane uproszczone urządzenie z fig. 1. W tym uproszczonym przykładzie wykonania, modulator amplitudy 4 stanowi modulator przeciwsobny a filtr wyjściowy 46 tworzy filtr jednowstęgowy. Sygnał jednowstęgowy bez fali nośnej jest doprowadzony do modulatora amplitudy 38, jak również do urządzenia sumującego 47. Do urządzenia sumującego 47 jest dołączony także oscylator 5 przez nastawny regulator amplitudy 48. Sygnał wyjściowy z urządzenia 47 jest doprowadzony do modulatora 9. W ten sposób, dokładnie tak samo jak w urządzeniu według fig. 1, zostaje doprowadzony sygnał jednowstęgowy z falą nośną do modulatora amplitudy 9 i sygnał jednowstęgowy bez fali nośnej do modulatora amplitudy 38 przy zastosowaniu tylko jednego modulatora amplitudy 4, przy czym sposób działania tego urządzenia w całości odpowiada dokładnie urządzeniu przedstawionemu na fig. 1.

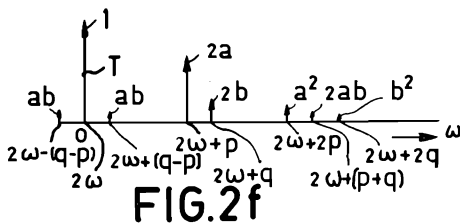
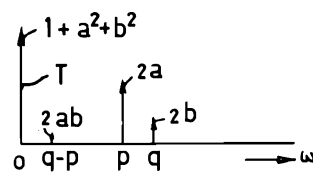
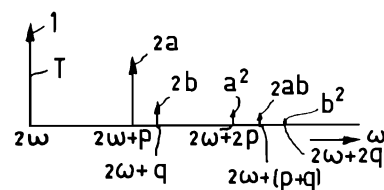
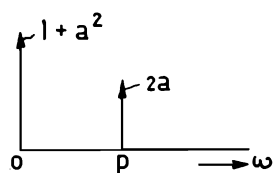
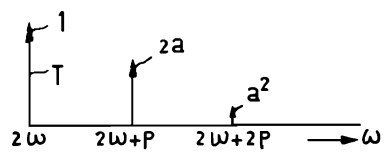
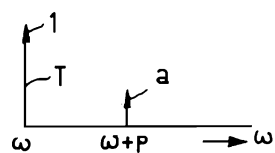
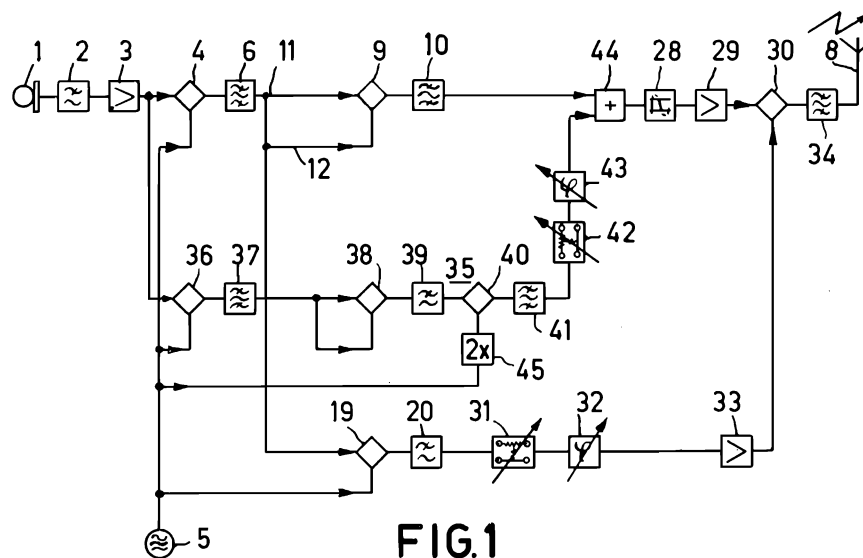
W ten sposób uzyskuje się nie tylko oszczędność na modulatorze 36 z filtrem 37 lecz również i to, że sygnały jednowstęgowe doprowadzane do modulatora 38 nie musi mieć całkowicie stłumionej fali nośnej. Wystarczy już obniżenie amplitudy przepuszczanej fali nośnej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie nadawcze do transmisji drgań z modulacją amplitudową, w którym treść informacji jest zawarta w jednej wstędze bocznej, wyposażone w pierwszy modulator amplitudy zasilany sygnałami podlegającymi transmisji i przynależny do niego oscylator fali nośnej i filtr wyjściowy, przy czym z pierwszego modulatora amplitudy jest odprowadzana do dalszego przetwarzania częstotliwość nośną i jedna ze wstęg bocz-

nych a w drugim modulatorze zostaje zmodulowany sam ze sobą sygnał przychodzący z pierwszego modulatora, które to urządzenie jest dalej wyposażone w filtr wyjściowy, który przepuszcza tylko pasmo częstotliwości przy podwójnej wartości częstotliwości nośnej, przy czym sygnały z drugiego modulatora amplitudy są doprowadzane do ogranicznika amplitudy, a sygnały o stałej amplitudzie pochodzące z ogranicznika są doprowadzane jako fala nośna do stopnia modulatora wyjściowego, zaś sygnały podlegające transmisji są doprowadzane do tegoż modulatora wyjściowego jako napięcie modulujące, według patentu 49 327 **znamiennie tym**, że do wejścia stopnia ogranicznika (28) jest dołączone dodatkowe urządzenie korekcyjne, (35), które moduluje z podwójną wartością częstotliwości nośnej składowe zniekształcające występujące przy modulacji amplitudowej sygnału wyjściowego drugiego modulatora (9) i doprowadza tak otrzymany sygnał w przeciwnej fazie do wejścia ogranicznika (28).

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że urządzenie korekcyjne (35) zawiera modulator amplitudy (36), w którym sygnał jednowstęgowy bez fali nośnej lub z falą nośną tłumioną zostaje zmodulowany sam ze sobą, przechodzi kolejno przez filtr dolnoprzepustowy (37) i modulator przeciwsobny (38), do którego jest doprowadzona z oscylatora przez podwajacz częstotliwości fala nośna pierwszego stopnia modulacji, przy czym obwód wyjściowy modulatora przeciwsobnego jest dołączony do wejścia ogranicznika (28).
3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że do wyjścia modulatora przeciwsobnego (38) jest dołączony filtr wyjściowy (39) w postaci filtru jednowstęgowego.
4. Urządzenie według zastrz. 2 lub 3, **znamiennie tym**, że pierwszy modulator amplitudy (4) stanowi modulator przeciwsobny z dołączonym filtrem jednowstęgowym (46) którego sygnał wyjściowy jest doprowadzony z jednej strony do modulatora amplitudy (38) w urządzeniu korekcyjnym (35), w którym sygnał jednowstęgowy zostaje zmodulowany sam ze sobą, zaś z drugiej strony do drugiego modulatora amplitudy (9), do którego dołączony jest także przez regulator amplitudy (48) oscylator fali nośnej (5) przynależny do pierwszego modulatora amplitudy.



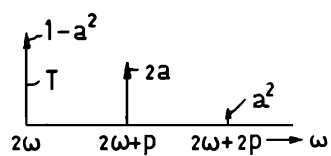


FIG.3a

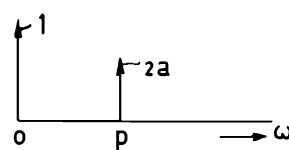


FIG. 3b

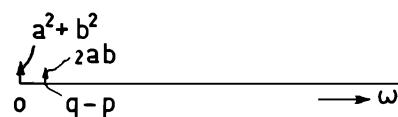


FIG.3c

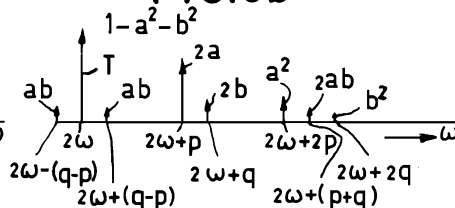


FIG. 3d

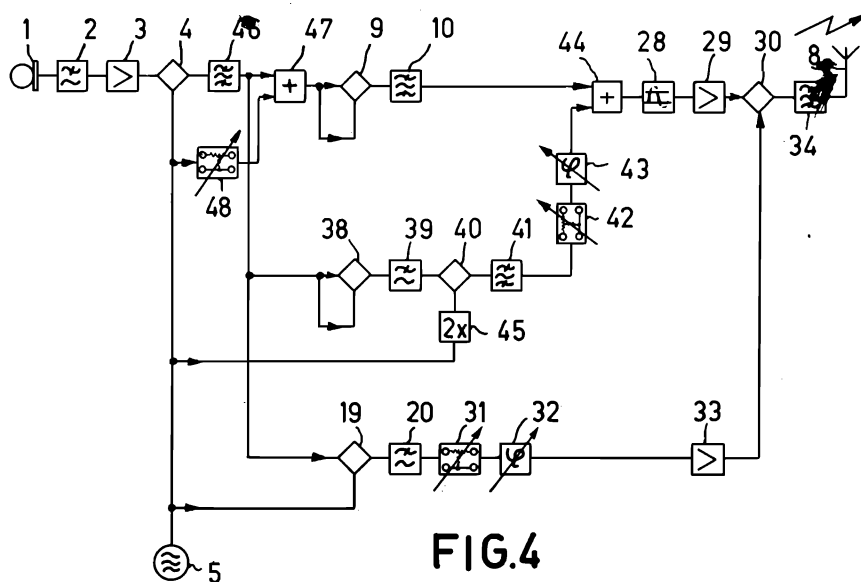


FIG.4