



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 06.IV.1965 (P 108 271)

Pierwszeństwo: 09.IV.1964 Holandia

Opublikowano: 10. VI. 1966

Kl. 21 a⁴, 14/01

MKP H 03 c

1/60

UKD

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

BIBLIOTEKA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Urządzenie nadawcze do transmisji drgań modulowanych

1

Wynalazek dotyczy urządzenia nadawczego do transmisji drgań modulowanych, w których informacja zawarta jest głównie we wstędze bocznej. Takie urządzenie nadawcze zawiera wstępny modulator amplitudy, do którego przyłożone są transmitowane sygnały, oraz sygnał z generatora fali nośnej, przy czym z modulatora amplitudy odprowadzany jest sygnał o częstotliwości fali nośnej oraz jedna ze wstęp bocznych, które przesyłane są do ogranicznika amplitudy, a sygnały o stałej amplitudzie wychodzące z ogranicznika służą do wytwarzania drgań częstotliwości nośnej dla modulatora wyjściowego, do którego, jako sygnał modulujący doprowadzane są te same transmitowane sygnały np. sygnały rozmówne lub muzyczne.

Tego rodzaju urządzenia nadawcze można stosować do celów radiofonicznych, gdyż transmitowane sygnały demodulowane są w zwykłym demodulatorze amplitudy z dobrą jakością odtwarzania, a jednocześnie przy tej samej mocy nadajnika wzrasta znacznie wypromieniowana moc sygnałów przenoszących informacje w stosunku do mocy sygnałów fali nośnej, przy czym uzyskuje się znaczną oszczędność pasma, ponieważ przesyłana informacja zawarta jest zasadniczo tylko w jednej wstędze bocznej. Okazało się, że poza daną wstęgą boczną występują ponadto składowe sygnały o stosunkowo dużej mocy.

2

Wynalazek ma na celu znaczne stłumienie tych składowych położonych poza daną wstęgą boczną, przy czym wraz ze znacznym zmniejszeniem wzajemnego wpływu sąsiadujących stacji ulega poprawie jakość odtwarzania.

5 Urządzenie według wynalazku ma umieszczony między ogranicznikiem a modulatorem wyjściowym podwajacz częstotliwości, za którym włączony jest filtr wyjściowy przepuszczający tylko wstęgę boczną sygnałów doprowadzanych do ogranicznika amplitudy pochodzących od podwojonej częstotliwości nośnej.

10 Aby składowe sygnały położone poza daną wstęgą były jeszcze więcej tłumione, w co najmniej jednym obwodzie utworzonym przez obwód prowadzący do układu ogranicznika względnie w obwód prowadzący napięcie modulujące do modulatora wyjściowego, włączone jest urządzenie regulujące dynamikę, które przy wzrastającej amplitudzie przenoszonych sygnałów zawierających informacje, zwiększa stosunek między 15 wskaźnikiem modulacji sygnału doprowadzanego do ogranicznika a napięciem modulującym doprowadzonym do modulatora wyjściowego. Optymalne tłumienie składowych znajdujących się poza danym pasmem uzyskuje się przez to, że urządzenie regulacyjne ma charakterystykę regulacji dynamiki, która przy amplitudzie „a” sygnałów przenoszących informacje, powiększa 20 w praktyce o współczynnik $(1 + a^2)$ stosunek

między wskaźnikiem modulacji sygnału doprowadzanego do ogranicznika a napięciem moduluującym doprowadzanym do modulatora wyjściowego.

Jak wiadomo pod pojęciem wskaźnik modulacji rozumie się stosunek między amplitudą obwiedni sygnału doprowadzanego do ogranicznika a amplitudą drgań fali nośnej.

Wynalazek zostanie, wyjaśniony na podstawie rysunku.

Na fig. 1 jest przedstawiony układ blokowy urządzenia według wynalazku, na fig. 2 — wykresy wyjaśniające zasadę działania tego urządzenia, na fig. 3 — dalsze ulepszenie urządzenia, a na fig. 4 jest przedstawiony wykres częstotliwości dla wyjaśnienia urządzenia według fig. 3.

W urządzeniu nadawczym według wynalazku przedstawionym na fig. 1 i przeznaczonym do transmitowania sygnałów muzycznych i rozmównych w paśmie 30 do 9000 Hz, sygnały pochodzące z mikrofonu 1 przechodzą przez filtr dolnoprzepustowy 2 i przez wzmacniacz niskiej częstotliwości 3 a następnie doprowadzane są do modulatora 4 zawierającego generator fali nośnej 5 o częstotliwości np. 400 kHz. Z obwodu wyjściowego modulatora 4 poprzez filtr 6 odprowadzana jest razem z falą nośną górną wstęgą boczną położoną w paśmie 400,030—409 kHz.

Jeżeli w niniejszym urządzeniu transmitowane jest jedno tylko drganie sinusoidalne o częstotliwości p , to na wyjściu modulatora obok przenoszonych drgań fali nośnej V o częstotliwości ω pojawi się pasmo rozmówne $(\omega + p)$. Drgania te przedstawione są na wykresie na fig. 2a. Na wykresie tym amplituda drgań fali nośnej zredukowana jest do wartości „1”, a wstęga boczna sygnału rozmownego ma amplitudę „a”, która musi być mniejsza od amplitudy „1” aby uniknąć zjawiska przemodulowania.

Przedstawiona tutaj transmisja za pomocą jednej wstęgi razem z falą nośną posiada zalety względem zwykłej modulacji amplitudy, gdyż przy tej samej mocy nadajnika wzrasta znacznie moc sygnałów przenoszących informację a przy tym uzyskuje się oszczędność pasma częstotliwości, jednakże drgania pochodzące z takiego urządzenia nadawczego, w odbiorniku z normalną demodulacją amplitudy, powodują znaczne zniekształcenia sygnału, co zostanie objaśnione bliżej na podstawie wykresu wektorowego przedstawionego na fig. 2b. Na figurze tej wektor V przedstawia częstotliwość nośną, wokół której wiruje z częstotliwością P sinusoidalna częstotliwość rozmówna, posiadająca amplitudę a , przy czym wektor „ E ” stanowiący sumę tych wektorów opisuje obwiednie transmitowanych sygnałów. Obwiednia ta jak widać z krzywej na fig. 2c, nie zmienia się sinusoidalnie tak, że przy demodulowaniu jej w normalnym odbiorniku z demodulacją amplitudy, obok żądanej częstotliwości p wystąpią również produkty modulacji wnoszące zniekształcenia.

W szczególności obwiednia przedstawiona w postaci matematycznej wyraża się wzorem

$$E = \sqrt{(1 + a \cdot \cos \cdot pt)^2 + a^2 \sin^2 pt} \text{ lub po rozwi-}$$

$$\text{nięciu na szereg } E = \left(1 + \frac{1}{4} a^2 + \frac{1}{64} + \dots \right) +$$

$$+ \left(a - \frac{1}{8} a^3 - \frac{1}{64} a^5 - \dots \right) \cos pt + \left(-\frac{1}{4} a^2 - \frac{1}{16} a^4 - \dots \right)$$

$$\cos 2 pt + \left(\frac{1}{8} a^3 - \frac{5}{64} a^5 - \dots \right) \cos 3 pt, \text{ itd.}$$

Przy transmisji widma częstotliwości przedstawionego na fig. 2a na wyjściu zwykłego odbiornika z demodulacją amplitudową obok żądanej składowej $a \cdot \cos \cdot pt$ przenoszącej informację występują również produkty wnoszące zniekształcenia $\cos 2 pt$, $\cos 3 pt$ itd., które przy wzroście amplitudy a wzrastają progresywnie. Na przykład, przy maksymalnej amplitudzie a stanowiącej 0,7 amplitudy fali nośnej, całkowity poziom zniekształceń wynosi 17% w stosunku do poziomu częstotliwości nośnej odpowiadającego 15 dB.

Jeżeli sygnał informacyjny (przenoszący informację) składa się z wielu częstotliwości, jak to ma miejsce przy przekazywaniu muzyki lub rozmowy, tak że obok składowej p ma jeszcze składową q , to obok harmonicznych każdej z tych składowych p i q pojawiają się jeszcze produkty powstałe przez interferencję tych częstotliwości $p + q$, $p - q$, $2p + q$, $2p - q$, itd. Całkowity poziom zniekształceń, na który składa się poziom zniekształceń pochodzący od harmonicznych $2p$, $2q$ itd. oraz poziom od produktów interferencji $p + q$, $p - q$, itd. w stosunku do poziomu częstotliwości nośnej wynosi — 14 dB przy głębokości modulacji 0,7 i przy jednakowych poziomach składowych sygnału rozmownego p i q .

Aby obniżyć zniekształcenia występujące przy demodulacji sygnału z jedną wstęgą boczną w zwykłym odbiorniku sygnałów modulowanych w amplitudzie, proponowano już aby obwiednię sygnału z jedną wstęgą boczną zastąpić przez przeznaczony do transmisji sygnał niskiej częstotliwości, gdyż demodulacja powoduje w tego rodzaju odbiorniku obwiednię sygnału wytworzonego w ten sposób, która swym kształtem odpowiada sygnałowi niskiej częstotliwości przeznaczonemu poprzednio do transmisji. W tym celu sygnał z jedną wstęgą boczną pobrany z wyjścia filtru 6 ograniczony jest do stałej wartości w ograniczniku amplitudy 7 zawierającym filtr wyjściowy 8, a po wzmocnieniu we wzmacniaczu 9 doprowadzany jest jako częstotliwość nośna do modulatora wyjściowego 10, do którego jednocześnie przez wzmacniacz modulacyjny 11 doprowadzony jest pierwotny sygnał przeznaczony do transmisji.

Napięcie modulujące przeznaczone do modulatora amplitudy, przy niniejszym wykonaniu uzyskuje się w ten sposób, że sygnał z jedną wstęgą boczną pobrany z wyjścia filtru 6 demodulowany jest w demodulatorze 12 połączonym z oscylatorem miejscowym 5 i filtrem wyjściowym 13,

a uzyskany sygnał niskiej częstotliwości doprowadzany jest przez regulowany tłumik 14 i regulowany przesuwnik fazy 15 do wzmacniacza 11. Sygnał wyjściowy modulatora wyjściowego 10 po przejściu przez filtr 16 wypromieniowany jest przez antenę nadawczą. Fakt, że obwódni sygnału pobranego z filtru 6 (fig. 2c) wykazuje różnice w stosunku do pierwotnego sygnału niskiej częstotliwości, powoduje to, że widmo częstotliwości transmitowane przez antenę 17 różni się od widma częstotliwości sygnału jednowstęgowego. Jeżeli np. sygnał jednowstęgowy ma widmo częstotliwości według fig. 2a, to zastąpienie obwiedni tego sygnału w modulatorze wyjściowym 10 przez pierwotny sygnał niskiej częstotliwości powoduje powstanie widma według fig. 2d.

Sygnał wyjściowy modulatora 10 określają składowe widma częstotliwości według fig. 2d wspólnie z sygnałem obwiedni zmieniającym się odpowiednio do pierwotnego sygnału niskiej częstotliwości tak, że przy odbiorze wszystkich składowych widma częstotliwości w zwykłym odbiorniku uzyskuje się wierne odtworzenie sygnału niskiej częstotliwości. Jeżeli jednak z widma występującego na wyjściu modulatora 10 wytłumione zostaną niektóre składowe w filtrze wyjściowym 16 względnie w filtrach odbiorników, to przy demodulacji amplitudowej pojawią się zniekształcenia, których stopień nasilenia zależy od poziomu wytłumionych składowych widma.

Wskutek uwikłanego charakteru tych zniekształceń różne składniki widma zależą od amplitudy sygnału niskiej częstotliwości w sposób wyrażający się uwikłanymi postaciami matematycznymi, w szczególności okazało się, że składowe widma wyrażają się szeregi funkcji Bessela. W celu poznania charakteru tych zniekształceń obliczono za pomocą matematycznych maszyn analogowych różne składowe widma. Okazało się przy tym, że przez zastąpienie obwiedni sygnału jednowstęgowego przez pierwotny sygnał niskiej częstotliwości, wyższe harmoniczne występujące w widmie na wyjściu modulatora 10 maleją stosunkowo powoli. Okazało się też, że w odstepie od częstotliwości nośnej V wynoszącym wielokrotność szerokości pasma sygnału jednowstęgowego występują jeszcze składowe o amplitudzie wynoszącej dużą ilość procent transmitowanej częstotliwości tak, że tylko bardzo niskie częstotliwości mogą być odtwarzane bez zniekształceń w normalnym odbiorniku (przystosowanym do odbioru sygnałów zmodulowanych w amplitudzie), ponieważ tylko dla tych częstotliwości wszystkie składowe widma przepuszczane są przez filtry.

Według wynalazku, w bardzo prosty sposób ulegają zmniejszeniu składowe widma częstotliwości położone poza pasmem przepustowym filtru 16 nadajnika, względnie filtrów odbiornika, przy czym dokonuje się to w ten sposób, że między ogranicznikiem 7 a modulatorem wyjściowym 10 włączony jest podwajacz częstotliwości 18, za którym znajduje się filtr wyjściowy 19, który przepuszcza tylko pasmo odpowiadające sygnałom doprowadzonym do ogranicznika 7 przy podwój-

nej częstotliwości nośnej. W ten sam sposób, jak to było wyjaśnione poprzednio, sygnały pobrane z podwajacza częstotliwości 18 modulowane są w amplitudzie jako częstotliwość nośna przez pierwotny sygnał niskiej częstotliwości, przy czym pasmo przepustowe filtru 16 modulatora wyjściowego 10 dostosowane jest do sygnałów doprowadzanych do ogranicznika 7 przy podwojonej częstotliwości nośnej.

Wskutek podwojenia częstotliwości drgań pobranych z ogranicznika 7 uzyskuje się dwie korzyści. Okazało się, że poziom składowych widma w obwodzie wyjściowym modulatora 10, położonych poza pasmem przepustowym filtru 16, względnie filtrów w odbiorniku, obniżony został do minimum, np. o 30 do 40 db. tak, że poziom zniekształceń w odbiornikach o zwykłej jakości odtwarzania zależy jedynie od zniekształceń własnych odbiornika rzędu na przykład 35 db. Jednocześnie okazało się, że charakter widma częstotliwości zmienił się w ten sposób, że wyższe harmoniczne po jednej stronie sygnału jednowstęgowego znikły całkowicie, a po jego drugiej stronie zmalały według szeregu szybkozbieżnego, tak że przy zwykłych filtrach wyjściowych modulatora wyjściowego, poziom zakłóceń w sąsiednich pasmach częstotliwości odpowiada żądaniom stawianym zwykłym nadajnikom sygnałów modulowanych w amplitudzie.

Istnieje również możliwość dalszego obniżenia poziomu zniekształceń oraz poziomu zakłóceń w sąsiednich pasmach częstotliwości, co będzie objaśnione bliżej na podstawie fig. 3. Elementy odpowiadające fig. 1 oznaczone są tymi samymi cyframi.

W urządzeniu według fig. 3 modulator amplitudy 4 do wytwarzania sygnału jednowstęgowego z falą nośną, ma zrównoważony modulator 20, tłumiący falę nośną, za którym włączony jest filtr wstęgi bocznej 21 do wydzielania sygnału wstęgi bocznej, oraz układ sumujący 22 do dodawania częstotliwości nośnej do wstęgi bocznej przez przewód 27. Otrzymany w ten sposób sygnał jednowstęgowy z falą nośną, po ograniczeniu go w ograniczniku 7 i po podwojeniu częstotliwości w układzie 18, doprowadzany jest jako częstotliwość nośna do modulatora wyjściowego 10, do którego jednocześnie przez wzmacniacz 11 doprowadzany jest pierwotny sygnał niskiej częstotliwości.

Aby zmniejszyć w urządzeniu niepożądane składowe, w obwodzie modulatora amplitudy 4 włączone jest urządzenie do regulacji dynamiki 23, które przy wzroście amplitudy sygnału powoduje zwiększenie się wskaźnika modulacji, to znaczy, że zwiększa się stosunek między amplitudą obwiedni i amplitudą fali nośnej. Urządzenie 23 składa się z regulatora dynamiki 24 w postaci regulowanego tłumika, oraz z prostownika napięcia dynamiki 25 z filtrem wygładzającym 26 do wytwarzania napięcia regulacyjnego w celu sterowania regulatora dynamiki 23 w zależności od amplitudy sygnału „a”, przy czym charakterystyka regulacji dynamiki tak jest obliczona, że

w zależności od amplitudy sygnału „a” przebiega według funkcji $(1 + a^2)$.

Jeśli więc w urządzeniu według fig. 1 stosunek między wskaźnikiem modulacji jednowstęgowego sygnału doprowadzonego do ogranicznika 7, a wielkością sygnału niosącego informację ma stałą wartość niezależnie od amplitudy tego ostatniego sygnału, to stosunek ten w urządzeniu według fig. 3 nie jest stały, lecz wraz z rosnącą amplitudą „a” sygnału informacyjnego, wzrasta według funkcji $(1 + a^2)$.

Jeżeli do urządzenia według fig. 1 doprowadzi się sygnał wejściowy o częstotliwości p i amplitudzie a , to na wejściu ogranicznika 7 powstaje jednowstęgowy sygnał o widmie częstotliwości według fig. 4 różniący się tym od widma według fig. 2a, że amplituda o wartości a została zastąpiona amplitudą o wartości $(1 + a^2)$. W ten sposób, tak jak w przypadku fig. 1 uzyskany sygnał jednowstęgowy, po ograniczeniu w ograniczniku 7 i podwojeniu częstotliwości w układzie 18, jako częstotliwość nośna modulowany jest w amplitudzie w modulatorze wyjściowym 10 przez pierwotny sygnał niskiej częstotliwości.

Oba zjawiska uzyskane w urządzeniu według fig. 1, w szczególności zmniejszenie poziomu składowych widma położonych poza pasmem przepustowym filtra wyjściowego 16, względnie filtrów w odbiorniku, jak i zbieżność tych składowych, ulegają znacznemu zwiększeniu przez zastosowanie tych środków. Okazało się, że wskutek zwiększenia wskaźnika modulacji o współczynnik $(1 + a^2)$ za pomocą urządzenia do regulacji dynamiki 23 uzyskuje się właśnie zależność składowych widma ograniczonego jednowstęgowego sygnału o podwójnej częstotliwości względem amplitudy a pierwotnego sygnału tak, że wskutek przebiegu modulacji w modulatorze 10 występują jednocześnie oba wspomniane zjawiska, co można stwierdzić obliczeniowo i doświadczalnie. Okazało się, że niepożądane składowe położone poza pasmem przenoszonym tłumione są praktycznie całkowicie, np. o więcej niż 50 db. przy głębokości modulacji mniejszej od 80%.

Zamiast zwiększania wskaźnika modulacji przez zwiększanie dynamiki sygnału wstęgi bocznej o czynnik $(1 + a^2)$ można umieścić regulator dynamiki również w torze fali nośnej 27, w celu regulacji amplitudy fali nośnej, przez co wskaźnik modulacji pozostaje taki sam. Poza opisanym układem, żądany skutek można osiągnąć również przez włączenie urządzenia do regulacji dynamiki w przewód prowadzący napięcie modulacji do modulatora 10.

Charakterystycznym dla wszystkich tych odmian wykonania jest to, że przynajmniej w jednym z obwodów utworzonych przez obwód prowadzący do ogranicznika 7, względnie przez obwód doprowadzający napięcie modulacyjne do modulatora wyjściowego 10, włączone jest urządzenie do regulacji dynamiki, które przy wzrastającej amplitudzie transmitowanego sygnału zwiększa stosunek między wskaźnikiem modulacji sygnału doprowadzonego do ogranicznika 7 i napięciem modulacyjnym modulatora 10. Ze wszyst-

kich tych odmian najkorzystniejsze jest pod względem technicznym włączenie urządzenia do regulacji dynamiki w obwód modulatora amplitudy 4, gdyż budowa całej aparatury jest wtedy szczególnie prosta a dobroć transmisji przy odbiorze w zwykłym odbiorniku z modulacją amplitudy jest znacznie lepsza, niż przy włączeniu urządzenia regulacyjnego w tor prowadzący napięcie modulacyjne do modulatora 10, ponieważ uzyskiwana przy modulacji amplitudy obwódnia sygnałów wypromieniowanych przez antenę 17 nie podlega żadnym wpływom.

Należy zaznaczyć, że urządzenie do regulacji dynamiki może być wykonane w różny sposób, przy czym można tu używać tranzystory lub lampy o zmiennym nachyleniu oraz regulowane oporności tłumiące w postaci prostowników.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie nadawcze do transmisji drgań modulowanych, w których informacja zawarta jest głównie w jednej wstędze bocznej, które to urządzenie ma wstępny modulator amplitudy, do którego doprowadzane są transmitowane sygnały, oraz sygnał z generatora fali nośnej, a z modulatora pobierana jest częstotliwość nośna oraz jedna z wstęg bocznych, przy czym sygnały te są doprowadzane do ogranicznika amplitudy, którego sygnały o stałej amplitudzie są źródłem drgań częstotliwości nośnej dla modulatora wyjściowego, do którego doprowadzane są również transmitowane sygnały jako sygnały modulujące, **znamiennie tym**, że między ogranicznik i modulator wyjściowy ma włączony podwajacz częstotliwości (18) oraz filtr (19), który przepuszcza tylko pasmo sygnałów doprowadzanych do ogranicznika amplitudy, pochodzące od podwojonej częstotliwości nośnej.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że przynajmniej w jednym z obwodów utworzonych przez obwód prowadzący do ogranicznika lub obwód doprowadzający napięcie modulujące do modulatora wyjściowego (10), ma włączone urządzenie do regulacji dynamiki (23).
3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że ma urządzenie do regulacji dynamiki o takim przebiegu charakterystyki regulacji, że przy wzrastającej amplitudzie sygnału (a) stosunek między wskaźnikiem modulacji sygnału doprowadzonego do ogranicznika, a napięciem modulującym modulatora wyjściowego zmienia się według funkcji $(1 + a^2)$.
4. Urządzenie według zastrz. 2 i 3, **znamiennie tym**, że ma urządzenie do regulacji dynamiki włączone w obwód wstępnego modulatora amplitudy.
5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie**

tym, że ma wstępny modulator amplitudy wykonany jako modulator zrównoważony, za którym włączony jest filtr wydzielający wstęgę boczną sygnału a następnie stopień sumujący do dodawania częstotliwości nośnej do

5

wstęgi bocznej, a ponadto ma prostownik i filtr dolnoprzepustowy, przez które przechodzi wstęga boczna sygnału, w celu wytworzenia napięcia regulacyjnego do sterowania regulatora dynamiki.

