

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **209736**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **375251**

(51) Int.Cl.
H04B 1/69 (2011.01)
H04J 13/00 (2011.01)

(22) Data zgłoszenia: **20.05.2005**

(54) **Sposób i urządzenie do transmisji i odbioru sygnałów o rozproszonym widmie**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
27.11.2006 BUP 24/06

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.10.2011 WUP 10/11

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
GRZEGORZ WIECZOREK, Mikołów, PL

(74) Pełnomocnik:
rzec. pat. Urszula Ziółkowska

PL 209736 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do transmisji i odbioru sygnałów o rozproszonym widmie. Urządzenie może znaleźć zastosowanie w takich dziedzinach jak łączność poprzez sieć energetyczną, łączność podwodna z wykorzystaniem ultradźwięków, sieci komputerowe z wielodostępem kodowym (kanał radiowy), radiomodemy, komputerowe sieci światłowodowe, łączność w podczerwieni (wielodostęp), znakowanie elektroniczne.

Przedmiot wynalazku może być w formie urządzenia przenośnego, jak i stacjonarnego.

Systemy transmisyjne wykorzystujące sygnały o bezpośrednio rozproszonym widmie są urządzeniami bardzo dobrze znanymi. Sygnały o rozproszonym widmie tworzone są w układzie nadajnika, a ich detekcja następuje w układzie odbiornika. Układ nadajnika składa się z generatora sinusoidalnego, generatora ciągu pseudolosowego, modulatorów zrównoważonych. Dane wejściowe w postaci binarnej zamieniane zostają na postać szeregową, po czym każdy bit danych jest kolejno przemnażany przez bity sekwencji rozpraszającej widmo. Dalej następuje modulacja BPSK fali nośnej. Wzmocniony sygnał zostaje doprowadzony do anteny nadawczej. Szybkość taktowania generatora pseudolosowego jest L_{PN} razy większa od bitowej szybkości transmisji, gdzie L_{PN} jest długością ciągu pseudolosowego. W odbiorniku wzmocniony sygnał jest synchronicznie przemnażany przez replikę sekwencji rozpraszającej widmo, co powoduje skupienie widma. Następnie sygnał zostaje poddany demodulacji, a odtworzone dane binarne są doprowadzone do wyjścia odbiornika.

Zwiększenie bitowej szybkości transmisji systemów o rozproszonym widmie sygnału można zrealizować na wiele sposobów. W patencie USA US 5,583,884 przedstawiono sposób kluczkowania z wyborem kodu rozpraszającego, dzięki czemu można jednocześnie przesłać kilka bitów informacji użytecznej. Patenty US 5,596,601, czy też US 6,041,074 pokazują metodę PPM-SS modulacji położenia impulsu dla sygnałów o rozproszonym widmie. Opis zawarty w patencie US 5,353,303 jest połączeniem obu wymienionych koncepcji. Znane są również sposoby transmisji z jednoczesnym wykorzystaniem wielu kodów MC-SS, a przykłady można znaleźć w patentach US 5,166,951, czy też US 5,555,268.

Niemniej istotna od szybkości transmisji jest potrzeba utrzymania złożoności układów na możliwie niskim poziomie. Opisane powyżej rozwiązania wymagają skomplikowanych układów odbiorczych. W szczególności w metodzie kluczkowania z wyborem ciągu rozpraszającego konieczne jest zastosowanie wielu równoległych korelatorów, których budowa może być oparta na przykład na patencie US 5,016,255.

Z analizy właściwości powyższych układów można zauważyć, że istnieje potrzeba stworzenia urządzenia, które łączyłoby w sobie cechy dużej szybkości transmisji, odporności na zakłócenia i interferencje, odporności na odbiór wielodrożny oraz prostoty (prosty sprzętowo układ o relatywnie małym poborze energii).

Sposób według wynalazku polega na tym, że w stacji nadawczej wielopoziomowy sygnał pseudolosowy generuje się w układzie co najmniej dwóch identycznych generatorów ciągów pseudolosowych, przy czym fazy generowanych ciągów pseudolosowych, korzystnie m-ciągów, zależą od wartości wielobitowych symboli i różnią się dla każdego z generatorów pseudolosowych, a następnie sumuje się sygnały z wyjść tych generatorów, a otrzymany wielopoziomowy sygnał pseudolosowy przemnaża się przez cyklicznie powtarzaną funkcję okienkową w celu kształtowania obwiedni, po czym w stacji odbiorczej sumaryczny wielostrumieniowy sygnał koreluje się w jednym wspólnym dla wszystkich strumieni układzie korelatora.

W sposobie według wynalazku sumaryczny wielostrumieniowy sygnał koreluje się w jednym wspólnym dla wszystkich strumieni układzie korelatora, którego złożoność jest niezależna od liczby zastosowanych równoległych strumieni.

Urządzenie do transmisji i odbioru sygnałów o rozproszonym widmie charakteryzuje się tym, że w stacji nadawczej sygnał z wyjścia generatora wielopoziomowych sygnałów pseudolosowych jest podawany poprzez układ ograniczający wielopoziomowość wielopoziomowego sygnału pseudolosowego do wejścia układu kształtowania obwiedni sygnałów pseudolosowych, a w stacji odbiorczej sumaryczny odebrany sygnał z wyjścia sumatora jest podawany na wejście układu korelatora, którego wyjścia są połączone do wejść układu transkodera, przy czym generator wielopoziomowych sygnałów pseudolosowych zbudowany jest z co najmniej dwóch identycznych generatorów binarnych ciągów pseudolosowych, z których sygnały wprowadzone są do sumatora.

Generatory binarnych ciągów pseudolosowych, korzystnie generatory ciągów o maksymalnej długości, posiadają wejścia do ustalania fazy początkowej generowanych sekwencji pseudolosowej.

Układ kształtowania obwiedni sygnałów pseudolosowych złożony jest z licznika podłączonego do części wejść adresowych układu pamięci, a jej wyjścia danych połączone są do wejść przetwornika cyfrowo-analogowego, przy czym układ pamięci zawiera w postaci cyfrowej kolejne próbki funkcji okienkowej, które adresowane są młodszymi wejściami adresowymi ADR L, a funkcja okienkowa zapisana jest dla wszystkich możliwych amplitud wielopoziomowego sygnału pseudolosowego wprowadzanego do starszych wejść adresowych ADR H.

Układ korelatora złożony jest z rejestru przesuwnego o szeregowym wpisie i równoległych wyjściach, do którego wyjść połączone są wejścia rejestru o równoległym wpisie i równoległych wyjściach, z którego wyjścia wprowadzone są do pierwszych wejść zestawu układów mnożących na których drugie wejścia podłączone są wyjścia rejestru przesuwnego o szeregowym i równoległym wpisie i równoległych wyjściach ze sprzężeniem zwrotnym z wyjścia $L_{PN}-1$ do wejścia 0, oraz wejściami połączonymi z wyjściami rejestru o równoległych wyjściach, a dalej sygnały z wyjść układów mnożących podane są do wejść układu decyzyjnego poprzez układ sumatora oraz rejestru przesuwnego o szeregowym wpisie i równoległych wyjściach, a wejścia zegarowe wszystkich rejestrów przesuwnych połączone są z wyjściami układu synchronizującego.

Układ według wynalazku charakteryzuje się tym, że jego konstrukcja jest prosta, łatwa do wykonania z wykorzystaniem programowalnych układów logicznych, przez co rozmiary urządzenia i pobór energii są zminimalizowane. Zastosowanie wielostrumieniowej metody kluczowania z przesuwem fazy ciągów rozpraszających widmo umożliwia w znaczny sposób zwiększyć bitową szybkość transmisji w systemach wykorzystujących sygnały o bezpośrednio rozproszonym widmie, przy czym zachowane zostają podstawowe właściwości tychże sygnałów, takie jak odporność na zakłócanie, możliwość realizacji wielodostępu kodowego, odporność na efekty propagacji wielodrożnej. Przyrost szybkości transmisji w stosunku do konwencjonalnej metody bezpośredniego rozpraszania jest k_s krotny, a k_s jest rozmiarem symbolu w bitach i musi spełnić zależność:

$$k_s = \sum_{i=1}^{m-m_p} k_{SSi} \quad \text{oraz} \quad \sum_{i=1}^{m-m_p} \left[(1 + m_{gSS}) 2^{k_{SSi} - inv} + m_g \right] + m_p \leq L_{PN} \quad (1)$$

gdzie: m - liczba równoległych strumieni danych; m_p - liczba strumieni niosących sygnał pilotujący; k_{SSi} - rozmiar i -tego podsymbolu; m_{gSS} , m_g - rozmiary przerw ochronnych; inv - wartość jeden gdy jest stosowana modulacja polaryzacji ciągów pseudolosowych, zero w przeciwnym razie; L_{PN} - długość sekwencji pseudolosowej.

Ponadto sposób wg wynalazku umożliwia uzyskać większą efektywność energetyczną w stosunku do konwencjonalnej metody bezpośredniego rozpraszania widma. Przybliżone wyrażenie opisujące bitową stopę błędów transmisji ma postać:

$$P_b \approx 2^{k_{SS}-1} Q \left(\sqrt{\frac{m-m_p}{m} k_{SS} \gamma_b} \right) \quad (2)$$

gdzie γ_b jest stosunkiem E_b/N_0 , a jest k_{SS} rozmiarem podsymboli w przypadku ich równych wielkości.

Sposób według wynalazku umożliwia kształtowanie sygnału w dziedzinie czasu i częstotliwości. Widmo mocy sygnału zostaje ukształtowane tak, że zminimalizowana zostaje emisja poza pasmem przenoszenia układu według wynalazku. Ponadto kształtowanie sygnału powoduje, że w sygnale pojawia się wiele częstotliwości podnośnych, których widmo zostaje następnie rozproszone. Transmisja wieloczęstotliwościowa pozwala na realizację odbioru częstotliwościowo zbiorczego, co poprawia zdecydowanie warunki odbioru w środowisku propagacji wielodrożnej. Funkcja kształtująca obwiednię sygnału, która zapewni równość poziomów wszystkich prążków składowych (z wyjątkiem skrajnych), korzystnie może być przedstawiona w postaci sumy cosinusów:

$$f_{Env}(t) = \frac{1}{2L} \left[1 + \sum_{i=1}^{L-1} (-1)^i 2 \cos \left(2\pi i \frac{t}{T_{CH}} \right) + (-1)^L \cos \left(2\pi L \frac{t}{T_{CH}} \right) \right] \quad (3)$$

gdzie L jest liczbą składników cosinusoidalnych. W wyniku kształtowania obwiedni sygnału powstaje $2L+1$ podnośnych, których widmo jest rozproszone. Szerokość głównego listka widmowego, po

rozproszeniu widma wszystkich podnośnych, wynosi $2(L+1)F_{CH}$, gdzie F_{CH} jest częstotliwością taktowania generatora sekwencji pseudolosowej.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy części nadawczej i odbiorczej, fig. 2 przedstawia szczegółowy schemat blokowy układu nadajnika urządzenia, fig. 3 przedstawia szczegółowy schemat blokowy układu korelatora w odbiorniku urządzenia, fig. 4 przedstawia koncepcję generowania ciągu rozpraszającego widmo, fig. 5 przedstawia przebiegi czasowe na wyjściach korelatorów, fig. 6 przedstawia gęstość widmową mocy ukształtowanego sygnału sinusoidalnego, fig. 7 przedstawia gęstość widmową mocy ukształtowanego sygnału o rozproszonym widmie, fig. 8 przedstawia rozmiar symboli w funkcji liczby strumieni informacyjnych.

Figura 1 przedstawia schemat blokowy części nadawczej i odbiorczej. Transkoder 101 zamienia binarny sygnał w postaci szeregowej na wielobitowe symbole, poczym wytwarza sygnały ustalające fazy ciągów pseudolosowych PN generowanych przez zestaw generatorów pseudolosowych 102. Blok 102 generatorów PN zawiera również układ sumujący sygnały z wyjść wszystkich generatorów pseudolosowych. Wielopoziomowy sygnał pseudolosowy przekazywany jest do ogranicznika poziomów 103, a następnie do układu kształtowania obwiedni 104, w którym sygnał zostaje przekształcony do postaci analogowej. Dalej sygnał przechodzi do modulatora zrównoważonego 105, gdzie jest mieszany z sygnałem sinusoidalnym 107 o częstotliwości fali nośnej. Zmodulowany sygnał nośny jest wzmacniany we wzmacniaczu 106, a następnie doprowadzony do anteny nadawczej. W odbiorniku sygnał poprzez filtr 108 i wzmacniacz 109 jest wprowadzany do mieszacza 110, gdzie po zmieszaniu z sygnałem z oscylatora lokalnego 111 przechodzi do układu przetwornika analogowo-cyfrowego 112. Sygnał w postaci cyfrowej przekazywany jest do układu równoległe pracujących filtrów dopasowanych 113. Sygnały wyjściowe każdego z filtrów dopasowanych są sumowane wagowo w układzie 114, poczym wynikowy sygnał wprowadzany jest do korelatora 115. Blok korelatora 115 odtwarza informację niesioną przez każdy z równoległych strumieni, a transkoder 116 wytwarza na tej podstawie binarny sygnał wyjściowy, będący odpowiednikiem sygnału wprowadzanego do wejścia nadajnika.

Figura 2 przedstawia szczegółowy schemat blokowy układu nadajnika urządzenia. Transkoder 201 dzieli informację zawartą w symbolu danych wejściowych na poszczególne strumienie danych i dokonuje konwersji sygnału na postać wymaganą do zadawania fazy początkowej w generatorach ciągów pseudolosowych 202. Generatory 202 zbudowane są z rejestrów przesuwnych z liniowymi sprzężeniami zwrotnymi. Sygnał z wyjścia każdego z generatorów przekazywany jest do bramek XOR 203, do których doprowadzone są również sygnały z transkodera 201 niosące dodatkowy bit danych w każdym strumieniu. Dodatkowy bit powoduje negację ciągu pseudolosowego. Sygnały z bramek 203 przechodzą do sumatora 204, a następnie do ogranicznika amplitudy 205. Dalej sumaryczny i ograniczony sygnał w postaci cyfrowej podawany jest na starsze wejścia adresowe pamięci ROM 206, w której zapisana jest funkcja kształtująca obwiednię przemnożona przez wszystkie możliwe wartości amplitud sumarycznego sygnału. Młodsze wejście adresowe pamięci 206 adresuje kolejne próbki funkcji kształtującej, a starsze wejście wpływa na wybór funkcji w zależności od chwilowego poziomu sygnału. Licznik adresowy 212 podłączony jest do młodszej części wejścia adresowego pamięci 206. Sygnały zegarowe dla wszystkich podzespołów wytwarzane są w układzie synchronizacji 214, który wykorzystuje generator częstotliwości wzorcowej 213. Sygnał z wyjścia pamięci ROM przechodzi do przetwornika cyfrowo-analogowego 207. Sygnał w postaci analogowej jest filtrowany dolnoprzepustowo w układzie 208, poczym moduluje sygnał z generatora 211 w mieszaczu 209. Po wzmocnieniu w układzie 210 sygnał zostaje doprowadzony do anteny nadawczej.

Figura 3 przedstawia szczegółowy schemat blokowy układu korelatora w odbiorniku urządzenia. Sygnał wejściowy w postaci cyfrowej jest szeregowo wprowadzany do rejestru przesuwego 301. Po wprowadzeniu L_{PN} próbek jego zawartość zostaje przepisana do rejestru 302 o równoległych wejściach i wyjściach. Sygnał z każdego wyjścia rejestru 302 jest przemnażany w układach 308 przez sygnały z analogicznych wyjść rejestru 307. Rejestr 307 zawiera replikę ciągu pseudolosowego, która na początku każdego cyklu korelacji jest przepisywana z rejestru 306. Zawartość rejestru 307 jest cyklicznie przesuwana, dzięki czemu wprowadzony do rejestru 302 fragment sygnału wejściowego jest korelowany z repliką sygnału pseudolosowego dla wszystkich jego możliwych faz. Sygnały z układów mnożących 308 wprowadzane zostają do sumatora 303, skąd wynik jest przekazywany do rejestru przesuwego 304 z wpisem szeregowym. Na wyjściach rejestru 304 pojawia się wynik korelacji sygnału wejściowego z sygnałem odniesienia, na podstawie którego układ decyzyjny 305 odtwarza informację użyteczną. Po zakończeniu pełnego cyklu korelacji nowa porcja sygnału wejściowego jest

przekazywana z rejestru 301 do 302 i rozpoczyna się następny cykl korelacji. Złożoność bloku korelatora o przedstawionej strukturze nie zależy od liczby równoległych strumieni.

Figura 4 przedstawia koncepcję generowania ciągu rozpraszającego widmo, gdzie u góry pokazano sposób generowania sekwencji pseudolosowej odpowiadającej konwencjonalnej metodzie bezpośredniego rozpraszania widma, a rysunek dolny prezentuje metodę tworzenia ciągu rozpraszającego w przypadku kluczowania z przesuwem fazy sekwencji pseudolosowej. Jeden pełny cykl generowania sygnatury pseudolosowej odpowiada czasowi trwania T_S jednego symbolu.

Figura 5 przedstawia przebiegi czasowe na wyjściach korelatorów. Każdy z zaznaczonych przedziałów odpowiada jednemu symbolowi, czyli jednemu pełnemu cyklowi sekwencji pseudolosowej. Przedstawione sygnały odpowiadają funkcji korelacji wzajemnej pomiędzy każdym ze strumieni z osobna, a sygnaturą odniesienia. Górny przebieg pokazuje korelację wzajemną pomiędzy strumieniem z sygnałem pilotującym a ciągiem wzorcowym. W tym wypadku maksimum funkcji pojawia się stale na tej samej, niezależnej od informacji, pozycji, odpowiadającej na przykład fazie 0 ciągu PN. Dolny przebieg przedstawi funkcję korelacji dla strumienia niosącego informację użyteczną. Pozycja maksimum funkcji odpowiada fazom początkowym w każdym z cykli generowania ciągu. Faza ta wprost zależy od informacji użytecznej.

Figura 6 przedstawia gęstość widmową mocy ukształtowanego sygnału sinusoidalnego. Można zauważyć, że pojedynczy prążek fali nośnej zamienia się w $2L+1$ prążków. Amplituda wszystkich podnośnych, z wyjątkiem skrajnych, jest jednakowa.

Figura 7 przedstawia gęstość widmową mocy ukształtowanego sygnału o rozproszonym widmie. Widmo każdej z podnośnych jest rozpraszane i charakteryzuje się obwiednią opisaną zależnością $\text{sinc}^2((f-f_n)T_{CH})$. Wypadkowa gęstość widmowa mocy jest sumą widm wszystkich rozproszonych podnośnych.

Figura 8 przedstawia rozmiar symboli w funkcji liczby strumieni informacyjnych. Rozmiar symboli wyrażony jest w bitach. Symbole mogą być podzielone na podsymbole o równych, bądź też o różnych rozmiarach. Każdy podsymbol jest transmitowany w osobnym strumieniu, a jego wartość wpływa na fazę ciągu pseudolosowego w tymże strumieniu. Alternatywnie można utworzyć symbole kombinacyjne.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób transmisji i odbioru sygnałów o rozproszonym widmie pomiędzy stacją nadawczą i stacją odbiorczą, w którym w stacji nadawczej użyteczny sygnał binarny w postaci szeregowej zamienia się na wielobitowe symbole, które dzieli się na równoległe strumienie, na podstawie równoległych strumieni wielobitowych symboli generuje się wielopoziomowy sygnał pseudolosowy, ogranicza się wielopoziomowość wielopoziomowego sygnału pseudolosowego, kształtuje się obwiednię wielopoziomowego sygnału pseudolosowego, moduluje się falę nośną wielopoziomowym sygnałem pseudolosowym, zmodulowaną falę nośną wzmacnia się i nadaje się, w stacji odbiorczej odbiera się sygnał nadany ze stacji nadawczej, ogranicza się szerokość pasma odebranego sygnału, wzmacnia się odebrany sygnał, miesza się wzmacniony sygnał z sygnałem z oscylatora lokalnego, przetwarza się zmieszany sygnał do postaci cyfrowej, dopasowuje się sygnał w postaci cyfrowej, sumuje się wagowo sygnały dopasowane, koreluje się sumaryczny wielostrumieniowy sygnał, transkoduje się wynik korelacji do postaci sygnału binarnego, **znamienny tym**, że w stacji nadawczej wielopoziomowy sygnał pseudolosowy generuje się w układzie co najmniej dwóch identycznych generatorów ciągów pseudolosowych, przy czym fazy generowanych ciągów pseudolosowych, korzystnie m-ciągów, zależą od wartości wielobitowych symboli i różnią się dla każdego z generatorów pseudolosowych, a następnie sumuje się sygnały z wyjść tych generatorów, a otrzymany wielopoziomowy sygnał pseudolosowy przemnaża się przez cyklicznie powtarzaną funkcję okienkową w celu kształtowania obwiedni, po czym w stacji odbiorczej sumaryczny wielostrumieniowy sygnał koreluje się w jednym wspólnym dla wszystkich strumieni układzie korelatora.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sumaryczny wielostrumieniowy sygnał koreluje się w jednym wspólnym dla wszystkich strumieni układzie korelatora, którego złożoność jest niezależna od liczby zastosowanych równoległych strumieni.

3. Urządzenie do transmisji i odbioru sygnałów o rozproszonym widmie pomiędzy stacją nadawczą i stacją odbiorczą, które w stacji nadawczej posiada układ konwertujący użyteczny sygnał binarny

w postaci szeregowej na wielobitowe symbole podzielone na równoległe strumienie, układ generujący wielopoziomowy sygnał pseudolosowy na podstawie równoległych strumieni wielobitowych symboli, układ ograniczający wielopoziomowość wielopoziomowego sygnału pseudolosowego, układ kształtujący obwiednię wielopoziomowego sygnału pseudolosowego, modulator fali nośnej i wzmacniacz nadawanego sygnału, a w stacji odbiorczej posiada filtr ograniczający szerokość pasma odebranego sygnału, wzmacniacz, mieszacz wraz z oscylatorem lokalnym, przetwornik analogowo-cyfrowy, układy dopasowujące do kształtu sygnału, sumator wagowy, korelator sumarycznego wielostrumieniowego sygnału, układ transkodera przetwarzającego sygnały wyjściowe korelatora do postaci sygnału binarnego, **znamiennie tym**, że w stacji nadawczej sygnał z wyjścia generatora wielopoziomowych sygnałów pseudolosowych 102 jest podawany poprzez układ ograniczający wielopoziomowość wielopoziomowego sygnału pseudolosowego 103 do wejścia układu kształtowania obwiedni sygnałów pseudolosowych 104, a w stacji odbiorczej sumaryczny odebrany sygnał z wyjścia sumatora 114 jest podawany na wejście układu korelatora 115, którego wyjścia są połączone do wejść układu transkodera 116, przy czym generator wielopoziomowych sygnałów pseudolosowych 102 zbudowany jest z co najmniej dwóch identycznych generatorów binarnych ciągów pseudolosowych 202, z których sygnały wprowadzone są do sumatora 204.

4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że generatory binarnych ciągów pseudolosowych 202, korzystnie generatory ciągów o maksymalnej długości, posiadają wejścia do ustalania fazy początkowej generowanych sekwencji pseudolosowej.

5. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że układ kształtowania obwiedni sygnałów pseudolosowych 104 złożony jest z licznika 212 podłączonego do części wejść adresowych układu pamięci 206, a jej wyjścia danych połączone są do wejść przetwornika cyfrowo-analogowego 207, przy czym układ pamięci 206 zawiera w postaci cyfrowej kolejne próbki funkcji okienkowej, które adresowane są młodszymi wejściami adresowymi ADR L, a funkcja okienkowa zapisana jest dla wszystkich możliwych amplitud wielopoziomowego sygnału pseudolosowego wprowadzanego do starszych wejść adresowych ADR H.

6. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że układ korelatora 115 złożony jest z rejestru przesuwneego 301 o szeregowym wpisie i równoległych wyjściach, do którego wyjść połączone są wejścia rejestru 302 o równoległym wpisie i równoległych wyjściach, z którego wyjścia wprowadzone są do pierwszych wejść zestawu układów mnożących 308 na których drugie wejścia podłączone są wyjścia rejestru przesuwneego 307 o szeregowym i równoległym wpisie i równoległych wyjściach ze sprzężeniem zwrotnym z wyjścia $L_{PN}-1$ do wejścia 0, oraz wejściami połączonymi z wyjściami rejestru 306 o równoległych wyjściach, a dalej sygnały z wyjść układów mnożących 308 podane są do wejść układu decyzyjnego 305 poprzez układ sumatora 303 oraz rejestru przesuwneego 304 o szeregowym wpisie i równoległych wyjściach, a wejścia zegarowe wszystkich rejestrów przesuwneego połączone są z wyjściami układu synchronizującego 309.

Rysunki

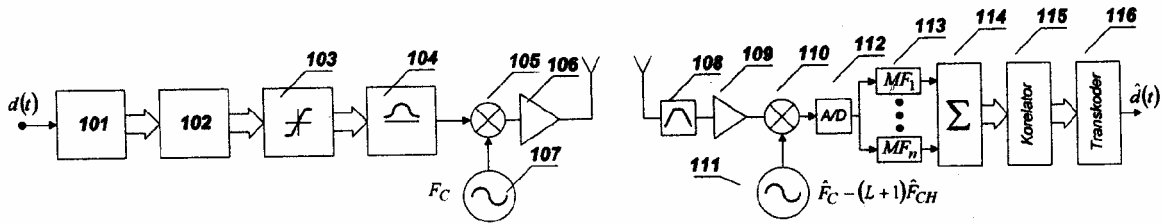


Fig. 1

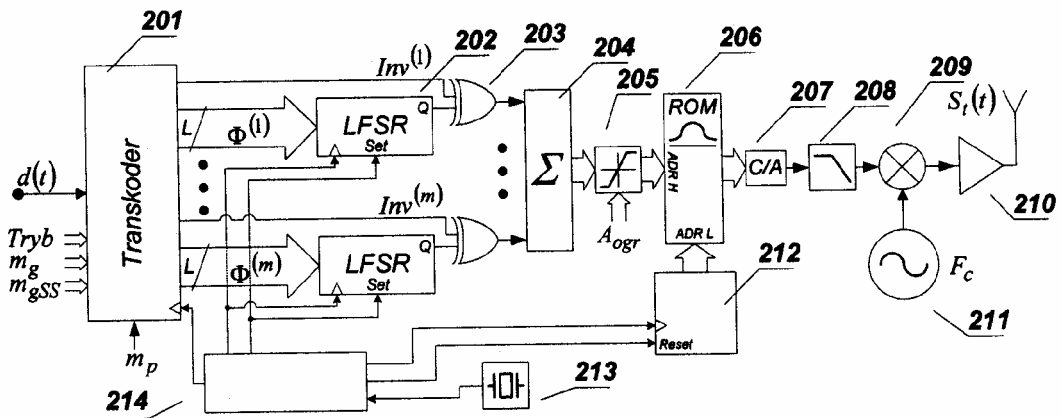


Fig. 2

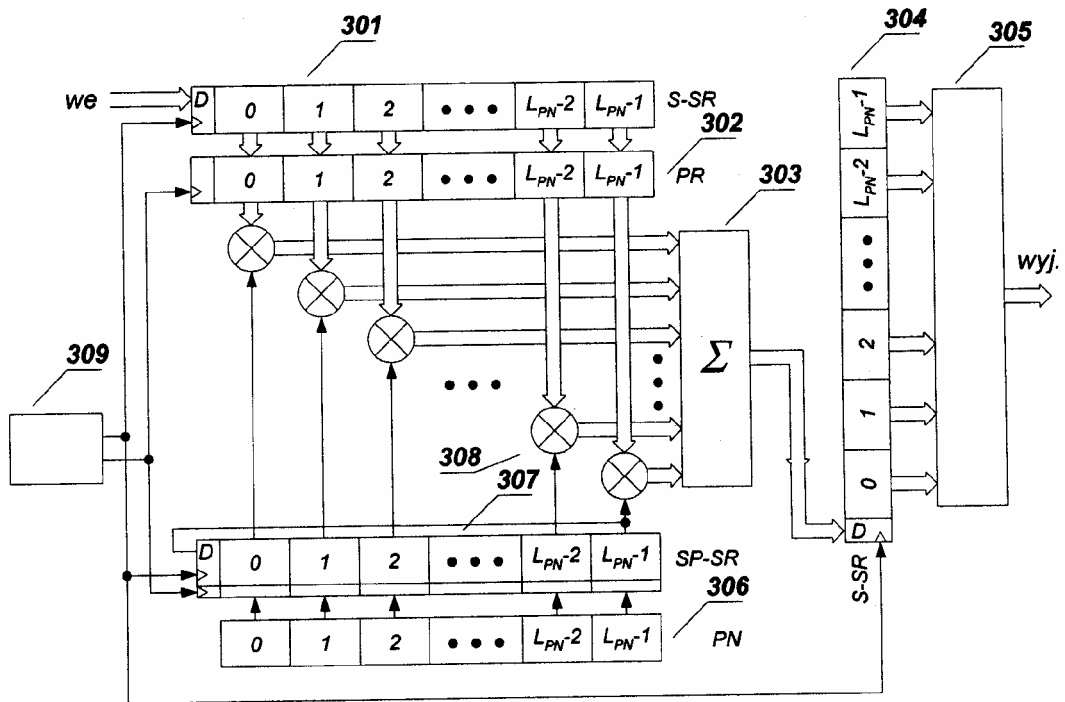


Fig. 3

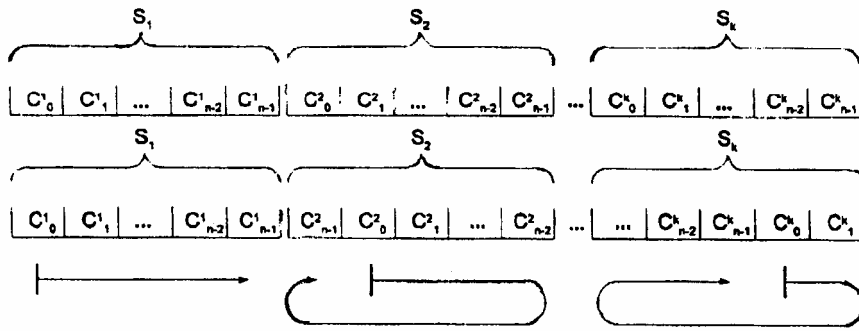


Fig. 4

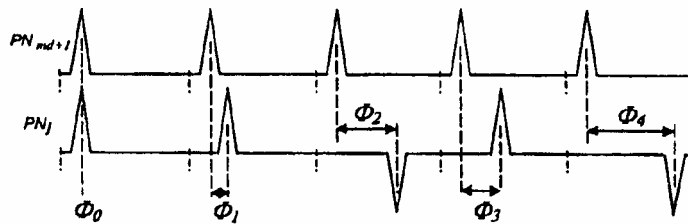


Fig. 5

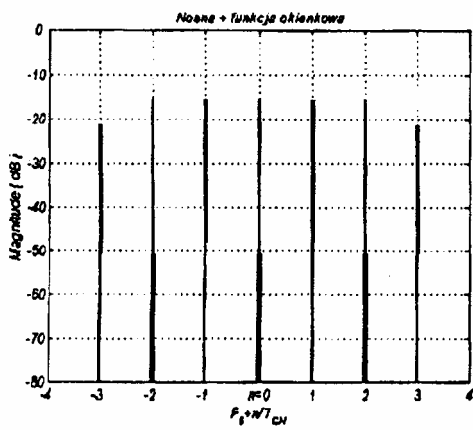


Fig. 6

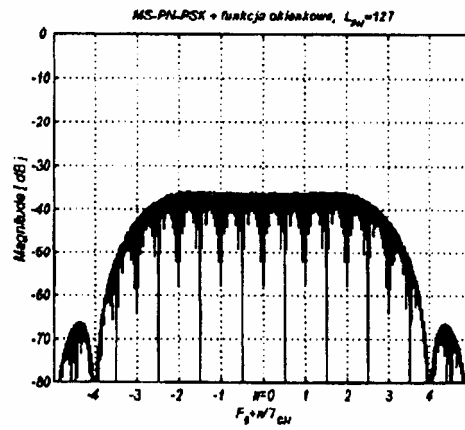


Fig. 7

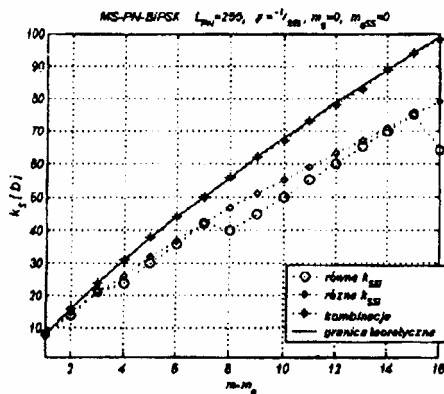


Fig. 8