



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85391

(13) C2

(51) МПК (2009)

H04B 1/66

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ СЛІДКУВАЛЬНОГО КОМПАНДУВАННЯ ЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ ЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ

1

2

(21) а200603790

(22) 06.04.2006

(24) 26.01.2009

(46) 26.01.2009, Бюл.№ 2, 2009 р.

(72) ТУНИК ВОЛОДИМИР ФЕДОТОВИЧ, UA, ТУНИК ТАРАС ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA

(73) ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА, UA

(56) UA 80982 C2, 18.02.2005

RU 2001117536 A, 20.06.2003

RU 2001114456 A, 10.06.2003

US 5822370, 13.10.1998

US 3667047, 30.05.1972

(57) 1. Пристрій для слідувального компандування частотного діапазону звукових сигналів, що містить як у передавальній, так і у приймальній частинах слідувальний аналізатор активного спектра (АС) цих сигналів паралельного типу одночасної дії, який має 3-5 каналів аналізу, таку ж кількість односмугових модуляторів (ОМ) з автоматично керованою частотою їх автогенератора та суматора, а передавальна частина містить

також каналний смуговий фільтр, вхід якого з'єднано із виходом суматора, кожен вхід якого як у передавальному, так і у приймальному пристроях з'єднано із виходом одного із ОМ, сигнальний вхід кожного з яких з'єднано із виходом одного із каналів АС, кожен з яких містить керований фільтр та типовий частотний дискримінатор (ЧД), вхід якого з'єднано з виходом керованого фільтра, а вихід ЧД з'єднано із входом керування як керованого фільтра, так і ОМ, який є блоком виділення бокової смуги різницевих частот у передавальному і сумарних частот у приймальному пристроях, який **відрізняється** тим, що керований фільтр є смуговим фільтром вище другого порядку.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що ЧД має лінійну статичну характеристику на частотному діапазоні зміни середньої частоти тої складової активного спектра, що виділяється відповідним каналом АС, а частота переходу ЧД досить точно дорівнює середній частоті початкової настройки керованого фільтра, і згладжуючий фільтр нижніх частот, що входить у ЧД, є стаціонарним фільтром першого чи другого порядку.

Винахід відноситься до електро- радіозв'язку і призначений в основному для збільшення пропускної спроможності та підвищення захищеності від перешкод систем передачі звукових сигналів за рахунок скорочення спектра (компресії частотного діапазону) при збереженні досить високої якості відтворення (експандування частотного діапазону) цих сигналів.

Для цього у теперішній час використовують різні відомі вокодери і напіввокодери, але на цьому шляху існує проблема, яка полягає в основному у тому, що вокодерні сигнали мають характерні перекручування.

Відомий пристрій для оптимального компандування частотного діапазону звукових сигналів, який на передавальній стороні у компресорі містить в основному відомий аналізатор спектра (АС) паралельної дії, блок перетворення спектру, блоки добування квадратного кореня (БДК) з виділених у АС аналітичних сигналів, а на приймальній стороні

у експандері - блоки зведення до квадрату (БЗК) прийнятих сигналів і блок зворотного перетворення спектру. [Патент України 68927 А, H04B1/66, Бюл.№8, від 16.08.2004]

У цьому пристрою за рахунок ділення частоти за допомогою БДК кожної спектральної складової у два рази виходить зближення (ущільнення) цих складових у реальному часі. Але, оскільки стаціонарні фільтри у АС не є адекватними нестационарним звуковим сигналам, порівняно вузько смуговий активний спектр яких повільно переміщується, як відомо, по значної частині відведеного частотного діапазону стаціонарного каналу зв'язку, то більшість виділених цими фільтрами спектральних складових виявляються зайвими. Для підвищення точності аналізу у таких АС збільшують кількість фільтрів, тому такий пристрій краще використовувати лише у оптимальному варіанті, у якому компромісна мінімальна кількість фільтрів дозволяє

(13) C2

(11) 85391

(19) UA

одержати достатню якість відновлення звукових сигналів лише при двократній частотній компресії.

Найбільш близький аналог до заявленого технічного рішення прийнято пристрій для слідкувального компандування частотного діапазону звукових сигналів, який у компресорі і експандері містять в основному слідкувальний аналізатор спектру паралельної типу формантного або вузькосмугового аналізу, аналізуючи фільтри якого є відомі слідкувальні фільтри другого порядку - коливальні RLC контури з автоматично керованою резонансною частотою, односмуговий модулятор з автоматично керованою частотою автогенератора, і суматор. [Патент України № 80982 від 26.11.2007, Бюл. № 19].

Оскільки такі фільтри не мають достатньої частотної вибірконості, то цей пристрій надійно може функціонувати лише у варіанті формантного аналізу, а у варіанті вузькосмугового аналізу з'являються значні перекручування виділених у АС сигналів і відбувається захоплення частотою однієї із вузькосмугової складової вхідного сигналу не тільки ближчого за початковою настройкою фільтра, а і ближчих сусідніх фільтрів. Це приводить до значних перекручувань компандерних сигналів і до зменшення степені частотної компресії їх.

Технічною задачею, яка вирішується винаходом, є підвищення ефективності частотного компандування і якості відновлення звукових сигналів за рахунок досягнення значно більш ефективної роботи АС.

Ця задача вирішується пристроєм для слідкувального компандування частотного діапазону звукових сигналів, що містить як у передавальній так і у приймальній частинах слідкувальний аналізатор активного спектру (АС) цих сигналів паралельної типу - одночасної дії, який має 3-5 каналів аналізу, таку ж кількість односмугових модуляторів (ОМ) з автоматично керованою частотою їх автогенератора та суматор, а передавальна частина містить також і каналний смуговий фільтр, вхід якого з'єднано із виходом суматора, кожен вхід якого як у передавальному так і у приймальному пристроях з'єднано із виходом одного із ОМ, сигнальний вхід кожного з яких з'єднано із виходом одного із каналів АС, кожен з яких містить керований фільтр та типовий частотний дискримінатор (ЧД), вхід якого з'єднано з виходом керованого фільтра, а вихід ЧД з'єднано із входом керування як керованого фільтра так і ОМ, який є блоком виділення бокової смуги різницевої частоти у передавальному і сумарних частот у приймальному пристроях, відрізняється тим, що керовані фільтри є смуговими фільтрами вище другого порядку, певного типу та певної реалізації [Патент України на корисну модель № 23124 від. 10.05.2007, Бюл. № 6].

Пристрій п. 1 відрізняється також і тим, що ЧД має лінійну статичну характеристику на частотному діапазоні зміни середньої частоти тої складової активного спектру, яка виділяється відповідним каналом АС, а частота переходу ЧД досить точно дорівнює середньої частоті початкової настройки керованого фільтра і згладжуючий фільтр нижніх

частот, що входить у ЧД, є стаціонарним фільтром першого чи другого порядку.

На фіг.1 креслення, що додається, наведена структурна електрична схема передавального пристрою, на фіг.2 - приймального. На цих схемах позначено слідкувальний аналізатор спектру (АС) - 1, керований смуговий фільтр (СФ) - 2, частотний дискримінатор (ЧД) - 3, керований односмуговий модулятор (ОМ) - 4, суматор - 5, каналний смуговий фільтр (КФ) - 6.

Входом передавального пристрою (Фіг.1) є об'єднаний вхід усіх СФ 2, кожен з яких входить у один із каналів АС 1. Виходом передавального пристрою є вихід КФ 6, вхід якого з'єднано із виходом суматора 5, кожен вхід якого як у передавальному пристрою так і у приймальному пристрою (Фіг.2) з'єднано із виходом одного із ОМ 4, сигнальний вхід якого з'єднано із виходом СФ 2 одного із каналів АС 1, вхід ЧД 3 якого з'єднано з виходом СФ 2, а вихід ЧД 3 з'єднано зі входом керування як СФ 2 так і ОМ 4 свого ж каналу. Входом приймального пристрою є об'єднаний вхід усіх СФ 2, кожен з яких входить у один з каналів АС 1, а виходом приймального пристрою є вихід суматора 5.

Працює запропонований пристрій наступним чином:

Біполярний звуковий сигнал визначеного рівня, обмежений за частотою згідно з відомими класами якості, надходить до об'єднаного входу усіх СФ 2, що входять до АС 1 передавального пристрою (Фіг.1). Згідно з відомими особливостями звукових сигналів $S(t)$ їх можна, з урахуванням відомого визначення поняття активного спектру, подати таким приблизним виразом:

$$s(t) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^n \int_{\omega_{\text{нк}}(t)}^{\omega_{\text{вк}}(t)} [a_k(\omega, t) \cos \omega t dt + b_k(\omega, t) \sin \omega t] dt \quad (1)$$

де

$$a_k(\omega, t) = \int_0^t s_k(\tau) \cos \omega \tau d\tau, b_k(\omega, t) = \int_0^t s_k(\tau) \sin \omega \tau d\tau \quad (2)$$

складові поточного спектру кожної (к) складової $s_k(t)$ сигналу $s(t)$. Після підстановки (2) в (1) і відповідних перетворень отримаємо:

$$s(t) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^n \int_0^t S_k(\tau) \frac{\sin \Delta \omega_k(t) (t - \tau)}{t - \tau} \cos \omega_{0k}(t) (t - \tau) d\tau, \quad (3)$$

$$\Delta \omega_k = \frac{\omega_{\text{вк}}(t) - \omega_{\text{нк}}(t)}{2} \quad \text{де} \quad \text{— незалежна від часу (постійна) смуга частот активного спектру кожної із складових } S_k(t),$$

їх середня миттєва частота і $\omega_{\text{нк}}(t)$, $\omega_{\text{вк}}(t)$ - граничні (нижня та верхня) частоти активного спектру цих складових. Залежність цих частот від часу є наслідком зміщення активного спектру, смуга частот якого залежить лише від форми коливань цих складових, тому він, як відомо, виявляється вузькосмуговим.

Інтегральний вираз у формулі (3) відображає реакцію на сигнал $S_k(t)$ смугового фільтра, частот-

на характеристика якого повільно зміщується зі змінною частотою $\omega_{ок}(t)$, як відомо, на значному діапазоні частот звукових сигналів $s(t)$. У формулі (3) літера n позначає кількість цих фільтрів.

Таким чином, для одержання високоякісного частотного компандування звукових сигналів необхідно скорочувати саме діапазон зміни миттєвої частоти $\omega_{ок}(t)$ активного спектра складових $s_k(t)$ цих сигналів.

До появи на вході АС 1 звукових сигналів усі СФ 2 настроєні на фіксовану частоту $\omega_{ок}$ такого значення, при якій їх частотні характеристики розподілені, наприклад, рівномірно на відведеній смузі частот вхідного для них сигналу. Частота переходу ЧД 3 через нуль повинна дорівнювати самій постійній частоті $\omega_{ок}$. ФНЧ, що входить до ЧД 3, має певну характеристику. Частота автогенератора ОМ 4 вибирається в залежності від цієї ж частоти $\omega_{ок}$ і також від попередньо вибраного коефіцієнта компресії кожної складової $s_k(t)$.

У початковий момент появи на вході АС 1 звукових сигналів, коли з'являться їх перші коливання, на виході кожного СФ 2 з'явиться відповідна складова $s_k(t)$ цих сигналів. З виходу СФ 2 кожного каналу сигнал $s_k(t)$ надходить до сигнального входу ОМ 4 і до входу ЧД 3 свого ж каналу. На виході ЧД 3 з'явиться напруга, яка змінюється пропорційно миттєвій частоті $\omega_{ок}(t)$ виділеної складової $s_k(t)$. Ця напруга надходить до входу керування ОМ 4 і обернено до входу СФ 2 того ж каналу. З цього моменту починається процес захоплення частоти кожної складової $s_k(t)$ звукового сигналу фільтрами СФ 2, тобто ці фільтри вступають у режим самонастройки на вказану частоту і на цю ж частоту автоматично підстроюється кожний ОМ 4.

З часом, коли у звуковому сигналі устанавляються такі коливання, які властиві кожному звуку і коли закінчиться перехідний процес самонастройки СФ 2 наступить режим слідування цими фільтрами за повільними змінами миттєвої частоти $\omega_{ок}(t)$ складових $s_k(t)$ вхідного для них сигналу $s(t)$. За законом цієї ж частоти почнеться автоматична настройка ОМ 4, в результаті чого ОМ 4 компресора зменшить частоту $\omega_{ок}(t)$ на значно нижчу різницеву частоту

$\omega_{kk}(t) = (1 - p_k) \omega_{ок}(t)$, де $p_k < 1$, а $1 - p_k$ – коефіцієнт частотної компресії кожної складової $s_k(t)$.

Саме на виході цих ОМ 4 одержується скорочення частотного діапазону кожної з цих складових.

З виходу кожного ОМ 4 компресійна складова надходить до одного із входів суматора 5, на виході якого одержується компресійний звуковий сигнал, який надходить до входу КФ 6, смуга частот якого дозволяє проходженню цього сигналу без перешкод. КФ 6 затримує лише побічні продукти перетворень.

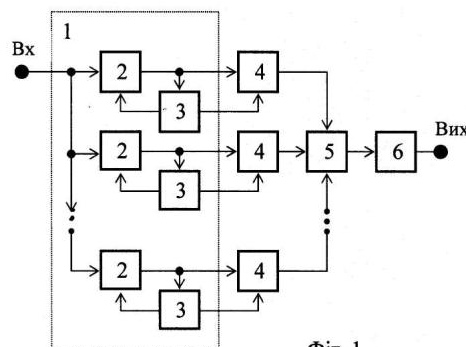
Одержаний на виході КФ 6 компресійний сигнал передається по відповідно вузькосмуговому каналу зв'язку і надходить до входу АС 1 приймального пристрою (Фіг. 2). Перетворення прийнятого сигналу у АС 1 експандера аналогічні перетворенням у АС 1 компресора. Виділенні складові прийнятого сигналу з виходу кожного каналу АС 1 надходять до сигнального входу одного із ОМ 4 експандера, на виході якого одержується ОМ сигнал з боковою смугою сумарних частот

$\omega_{ek}(t) = (1 + q_k) \omega_{kk}(t)$, де $1 + q_k$ – коефіцієнт частотного експандування кожної складової $s_k(t)$. Для відновлення частотного діапазону цих складових на виході ОМ 4 експандера необхідно за вибраним коефіцієнтом компресії $1 - p_k$ визначити коефіцієнт

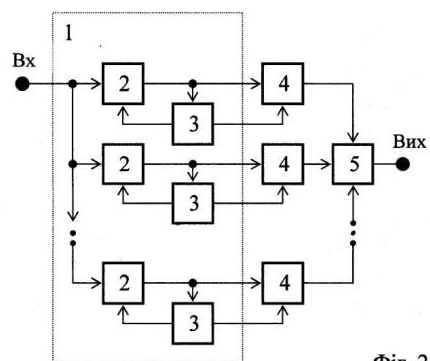
експандування $1 + q_k$ за формулою: $1 + q_k = \frac{1}{1 - p_k}$ і далі можна визначити коефіцієнти p_k, q_k , які необхідні для попередньої настройки частоти керованого автогенератора, що входить до кожного ОМ 4 відповідно компресора і експандера. З виходу кожного ОМ 4 експандера відновлений сигнал складової $s_k(t)$ надходить до одного із входів суматора 5, на виході якого одержується відновлений звуковий сигнал $S(t)$.

Використання у запропонованому пристрою відомих керованих смугових фільтрів СФ 2 відповідного порядку підвищує роздільну здатність його слідувального АС 1 і, як наслідок, дозволяє підвищити ступінь частотної компресії та якість відновлення звукових сигналів.

Таким чином, запропонований пристрій дійсно вирішує поставлену задачу і тому розширює можливості його реалізації як у аналоговому, так і у цифровому варіантах і використання для передачі по відповідно вузькосмуговому стаціонарному каналу зв'язку не тільки телефонних сигналів, але і сигналів радіомовлення.



Фіг. 1



Фіг. 2