



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83929 (13) C2
(51) МПК
G01S 13/04 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ПРИГЛУШЕННЯ БІЛОГО ШУМУ В АДИТИВНІЙ СУМІШІ З ПОВНІСТЮ ВІДОМИМ ІМПУЛЬСНИМ СИГНАЛОМ

1

(21) а200612679

(22) 01.12.2006

(24) 26.08.2008

(46) 26.08.2008, Бюл.№ 16, 2008 р.

(72) ГАРБУЗОВ ВОЛОДИМИР ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA

(73) ГАРБУЗОВ ВОЛОДИМИР ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA

(56) SU 411654, 15.01.1974

SU 1529148, 15.12.1989

RU 2100822, 27.12.1997

RU 97100919, 27.04.1999

WO 03094372, 13.11.2003

US 3863198, 28.01.1975

US 5148174, 15.09.1992

JP 4062398, 27.02.1992

(57) 1. Спосіб приглушення білого шуму в адитивній суміші з повністю відомим імпульсним сигналом, що полягає у тому, що адитивну суміш сигналу і білого шуму пропускають через погоджений з сигналом лінійний фільтр, який **відрізняється** тим, що суміш сигналу вихідного коливання фільтра на відомому часовому інтервалі, який за тривалістю дорівнює тривалості сигналу на виході фільтра, дискретизують за часом, з одержаних вибірок із затримкою в часі формують нову суміш сигналу шляхом розміщення вибірок в часовій послідовності, відмінній від тієї послідовності, в якій вони були одержані, крок дискретизації, тривалість вибірок, затримку кожної з них і порядок розміщення вибірок в штучно сформованій суміші сигналу задають залежно від часової структури сигналу на виході погодженого фільтра, штучно сформовану суміш сигналу пропускають через лінійний фільтр з прямокутною П-подібною амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) із смугою пропускання, яка дорівнює ширині спектра сигналу на виході погодженого фільтра.

2. Спосіб приглушення білого шуму за п. 1, який **відрізняється** тим, що при повністю відомому радіоімпульсі суміш сигналу вихідного коливання погодженого фільтра дискретизують за часом на

2

відомому часовому інтервалі, який за тривалістю дорівнює тривалості сигналу на виході фільтра, крок дискретизації задають мінімально можливим за тривалістю, а тривалість вибірок задають рівною кроку, з одержаних вибірок, із затримкою на час, не менший тривалості вихідного радіоімпульсу, формують відрізок нової суміші сигналу, порядок розміщення вибірок у сформованому відрізку задають таким, при якому непарні вибірки розміщують в тій же послідовності, в якій вони були одержані, а парні вибірки міняють місцями із своїми аналогами - такими вибірками, які мають на виході фільтра за відсутності шуму однакові середні значення напруги, штучно сформований відрізок суміші сигналу пропускають через фільтр нижніх частот з прямокутною П-подібною АЧХ і смугою пропускання, яка дорівнює ширині спектра сигналу на виході погодженого фільтра.

3. Спосіб приглушення білого шуму за п. 1, який **відрізняється** тим, що при повністю відомому радіоімпульсі суміш сигналу вихідного коливання погодженого фільтра на відомому часовому інтервалі, який за тривалістю дорівнює тривалості сигналу на виході фільтра, дискретизують за часом з кроком, що дорівнює половині періоду високочастотного заповнення радіоімпульсу, одержані вибірки через час, не менший тривалості вихідного радіоімпульсу, використовують для формування нового коливання, в якому вибірки, які відповідають півхвилі позитивної полярності високочастотного заповнення радіоімпульсу, що пройшов фільтр, встановлюють на свої місця, а вибірки, які відповідають півхвилі негативної полярності, інвертують і міняють місцями з аналогічними за амплітудою сигналу у високочастотному заповненні радіоімпульсу, сформоване коливання пропускають через фільтр нижніх частот з П-подібною АЧХ і смугою пропускання, яка дорівнює ширині спектра огинаючої сигналу на виході погодженого фільтра.

Винахід відноситься до галузей техніки, в яких передача інформації здійснюється за допомогою

радіосигналів в умовах наявності перешкод, пере-

(13) C2

(11) 83929

(19) UA

важно винахід може використовуватися в радіозв'язку і радіолокації.

Відомим способом придушення перешкод є лінійна фільтрація. Лінійна фільтрація здійснюється частотними фільтрами. Залежно від задач, вирішуваних приймачем, застосовуються фільтри з відповідними вирішуваних задачі амплітудно-частотної (АЧХ) і фазочастотної (ФЧХ) характеристиками. У тому випадку, коли вимагається подати перешкоду, але при цьому зберегти форму сигналу застосовуються фільтри з прямокутною П-подібною АЧХ і смугою пропускання, що забезпечує рівномірне пропускання спектру сигналу і придушення частот суміші зовні цього спектру. При рішенні задачі виявлення сигналу в білому шумі, коли спектр перешкоди рівномірно перекриває весь спектр сигналу, реалізують погоджену фільтрацію. В цьому випадку ослабляються всі спектральні складові суміші і тим більшою мірою, ніж вони слабкіші в спектрі сигналу, а спектральні складові самого сигналу додатково фазуються, забезпечуючи в певний момент його пікове значення і максимальне відношення сигналу до шуму. Для цього застосовуються погоджені фільтри. Погоджений з сигналом фільтр має амплітудно-частотну характеристику з точністю до постійного множника повторюючи амплітудно-частотний спектр (АЧС) сигналу, а його ФЧХ повинна бути комплексно-зв'язаною з фазочастотним спектром (ФЧС) сигналу [И.С.Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. Москва, Соврадио, 1972].

На виході погодженого фільтру енергетичні спектри сигналу і шуму стають однаковими, що виключає будь-яку можливість подальшої обробки суміші способом лінійної фільтрації без збитку для досягнутого відношення сигнал-шум. З цієї причини відношення сигналу до шуму на виході погодженого фільтру при заданих енергії сигналу і спектральної щільності потужності шуму вважається максимально за можливе, а фільтр вважається оптимальним.

Проте при однакових енергетичних спектрах шум і сигнал на виході погодженого фільтру мають різну часову структуру. Часова структура сигналу після фільтрації залишається закономірною і, за наявності повної апріорної інформації про сигнал, відомої точно, а часова структура шуму, як і до фільтрації, носить випадковий характер. Ця відмінність сигналу від шуму у вихідній суміші фільтру може і повинна бути використана для додаткового придушення шуму, що і є метою даного винаходу.

Для повністю відомого сигналу у відсутності шуму точно відомий закон зміни миттєвих значень напруги на виході фільтру, а також закон зміни часових інтервалів між миттєвими значеннями вихідної напруги, що повторюються. Обидва ці закони справедливі тільки для одного конкретного сигналу, і ступінь відповідності вихідного коливання фільтру цим законам може бути ознакою наявності цього сигналу у складі вихідної суміші. Відхилення від законів є наслідком спотворюючої дії шуму. Проведенням над вихідним коливанням фільтру операції по перевірці виконання законів можна частково зруйнувати шумову складову ади-

тивної суміші, практично не торкнувшись сигнальної, спектральні складові шуму, що виникли, відфільтрувати, тим самим зменшити середню потужність шуму і, як наслідок, підвищити відношення сигналу до шуму. Це можливо тільки у тому випадку, коли операція над адитивною сумішшю буде проявлятися як нелінійна для шумової складової суміші і квазілінійною для сигнальної складової (тобто практично не змінюючи спектр і енергетику сигналу). Операція полягає в дискретизації за часом реалізації вихідної суміші погодженого фільтру і формуванні з одержаних вибірок нової реалізації, в якій вибірки, що мають однакове середнє значення напруги сигнальної складової адитивної суміші, міняються місцями так, щоб сигнал в сформованій суміші зберігся, а шумова складова найбільшою мірою руйнувалася і спектр її найбільшою мірою розширився.

При виявленні повністю відомого відеоімпульсу в білому шумі вихідне коливання погодженого фільтру на відомому часовому інтервалі дискретизують за часом із заданим кроком і при цьому одержують вибірки такої ж тривалості. Крок дискретизації і, відповідно, тривалість вибірок задають мінімальними, але з урахуванням технічної можливості їх отримання і економічної доцільності, оскільки із зменшенням тривалості вибірок ускладнюється схема, що реалізовує даний процес, і підвищуються вимоги до складових елементів схеми. За відсутності шуму кожна вибірка у відповідності до закону зміни миттєвого значення вихідної напруги фільтру матиме не менше за один свій аналог по величині її середньої напруги. Положення вибірки-аналога на часовій осі для сигналу відоме, відомий і часовий інтервал між вибірками-аналогами. Для перевірки відповідності вихідного коливання фільтру цим законам одержані вибірки через час не менший подвійної тривалості сигналу, що виявляється, використовують для формування нового коливання, в якому парні (відлік ведеться з моменту початку дискретизації) вибірки міняються місцями з своїми аналогами. За відсутності шуму сформоване з вибірок коливання (Фіг.2б) практично повністю повторюватиме вихідний сигнал фільтру (Фіг.2а) і тим точніше, чим менша тривалість вибірок і чим крутіші їх фронти. У разі відмінності вихідного коливання фільтру від вихідного сигналу сформоване коливання виявиться порізаним (Фіг.3б і Фіг.4б). Причиною порізаних є наявність в адитивній суміші пошемової складової (або наявність тільки її), спектр якої в результаті виконаної операції розшириться. Фільтруючи виниклі спектральні складові шуму фільтром нижніх частот з П-подібною АЧХ і смугою пропускання рівною ширині спектру сигналу на виході погодженого фільтру, добиваються пониження середньої потужності шуму при практично збереженому піковому значенні сигналу і, отже, збільшення відношення сигналу до шуму.

При виявленні повністю відомого радіоімпульсу з прямокутною огинаючою вихідне коливання погодженого фільтру на відомому часовому інтервалі дискретизують за часом з кроком рівним половині періоду високочастотного заповнення, одержуючи вибірки тієї ж тривалості і напівхвилі

синусоїди, що мають форму. За відсутності перешкоди кожна вибірка у відповідності із законом зміни миттєвого значення вихідної напруги фільтру матиме одного свого аналога по величині її амплітуди. Положення вибірки-аналога на часовій осі для сигналу відоме, відомий і часовий інтервал між вибірками-аналогами. Для перевірки відповідності вихідного коливання фільтру цим законам одержані вибірки через час не менший подвійної тривалості сигналу, що виявляється, використовують для формування нового коливання, в якому вибірки, що мають позитивну полярність встановлюються на свої місця, а що мають негативну полярність - інвертуються і міняються місцями з своїми аналогами по амплітуді. За відсутності перешкоди сформоване з вибірок коливання матиме вигляд промодульованої по амплітуді послідовності однополярних напівхвиль синусоїди. Огинаюча перетвореного радіоімпульсу (Фіг.6б) повторюватиме в точності огинаючу радіоімпульсу на виході погодженого фільтру (Фіг.6а). За наявності в адитивній суміші складової яка перешкоджає (або наявності тільки її) коливання височастотного заповнення і огинаюча перетвореного радіоімпульсу виявляється порізаними, що свідчить про наявність перешкоди і розширення її спектру. Фільтруючи виниклі спектральні складові перешкоди фільтром нижніх частот з П-подібною АЧХ і смугою пропускання рівній ширині спектру огинаючої сигналу на виході погодженого фільтру, добиваються пониження середньої потужності шуму при практично збереженому піковому значенні сигналу і, отже, додаткового збільшення відношення сигналу до шуму.

Фіг.1 демонструє блок-схему пристрою обробки, а Фіг.2,...,5 - процес і результати комп'ютерного моделювання пропонованого способу програмою моделювання схемотехніки Micro-Cap 7.1.6. стосовно прямокутного відеоімпульсу тривалістю 50мкс. Дискретизація проводиться на ділянці часової осі, в межах якої знаходиться вихідний сигнал погодженого фільтру, з кроком дискретизації рівним 1мкс.

Блок-схема пристрою обробки, що реалізовує пропонований спосіб, має в своєму складі (Фіг.1):

1 - погоджений фільтр;

2 - схему дискретизації (ключі), затримки вибірок (лінії затримки) і формування нової реалізації суміші (суматор);

3 - фільтр нижніх частот (ФНЧ).

На Фіг.2а показаний вихідний сигнал погодженого фільтру за відсутності перешкоди, а на Фіг.2б показаний сигнал, сформований з вибірок вихідного сигналу фільтру. Фіг.2в показує сформований сигнал після проходження ним фільтру нижніх частот. Фіг.3а, 3б і 3в демонструють процес придушення шуму під час вступу на вхід погодженого фільтру тільки білого шуму. Фіг.4а, 4б і 4в відображають процес очищення сигналу при дії на погоджений фільтр адитивної суміші прямокутного відеоімпульсу і білого шуму. Фіг.5а, 5б і 5в відображають процес і результат обробки 10-ти слідувачих одна за іншою ділянок суміші. Кожна ділянка має тривалість 100мкс. рівну тривалості сигналу на виході погодженого фільтру. Сигнал присутній тільки на другій і восьмій ділянках.

Фіг.6а, 6б і 6в відображають результати дискретизації, формування і фільтрації відомого точно радіоімпульсу з прямокутною огинаючою тривалістю 50мкс. на виході квазіоптимального [Л.С. Гуткин. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. Москва, Госэнергоиздат, 1961] фільтру у відсутності шуму.

Фіг.7а, 7б і 7в відображають процес і результат обробки 10-ти ділянок суміші сигналу і шуму тривалістю по 100мкс. Сигнал присутній тільки на 2-ій і 8-ій ділянках.

Пропонований спосіб є логічним завершенням процесу обробки адитивної суміші повністю відомого сигналу і білого шуму з метою якнайповнішого очищення сигналу від спотворень, спричинених шумом, оскільки в результаті обробки суміші пропонованим способом стираються всі істотні відмінності між сигналом і шумом. В умовах наявності повної інформації про сигнал при здійсненні пропонованого способу досягається додаткове підвищення відношення сигналу до шуму у вихідній суміші погодженого фільтру, що суперечить встановленим теорією обмеженням [Л.С. Гуткин. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. Москва, Госэнергоиздат, 1961]. Саме тому пропонований спосіб є прецедентом, що відкриває дотепер невикористані можливості боротьби з перешкодами.



