



УКРАЇНА

(19) UA (11) 65227 (13) U
(51) МПК
G01R 23/16 (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ СПЕКТРА НИЗЬКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ ЛІНІЄЮ НА ФАЗОВИХ КОНТУРАХ

1

2

(21) u201106712

(22) 30.05.2011

(24) 25.11.2011

(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.

(72) ТУНИК ВОЛОДИМИР ФЕДОТОВИЧ

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

(57) Пристрій для дисперсійного аналізу спектра низькочастотних сигналів лінією на фазових контурах, що містить послідовно з'єднані дисперсійну лінію затримки (ДЛЗ) та осцилограф, на вході розгортки якого знаходиться синхронізатор, вхід якого з'єднано зі входом ДЛЗ, функція групового часу затримки (ГЧЗ), яка у першому та другому варіантах є лінійною, а у третьому варіанті вона моно-

тонно-нелінійна і між ДЛЗ та осцилографом цього варіанта знаходиться блок обробки сигналу за законом $\sqrt{2\pi t'(\Omega)}$ або частотний коректор за таким же законом, де $\Omega(t)$ - миттєва частота зміщення області стаціонарної фази, який відрізняється тим, що на вході ДЛЗ уведено обмежувач перешкод (ОП), ДЛЗ є низькочастотною лінією з окремою (без ділянок) функцією ГЧЗ, у першому та другому варіантах ДЛЗ є лінією на фазових контурах другого та першого порядку, у другому варіанті на вході ДЛЗ уведено амплітудний детектор, а на її виході уведено корелометр, у третьому ж варіанті ДЛЗ є лінією на однакових фазових контурах лише першого порядку.

Корисна модель належить до вимірювальної техніки апаратного аналізу частотного спектра нестационарних процесів.

За аналогією з поняттям частотних фільтрів, на відміну від смугових сигналів, низькочастотними називають, як відомо, такі сигнали, основна смуга спектральних частот яких зосереджена достатньо близько до початку координат і може мати також і нульову частоту. Відома велика кількість прикладів досить корисного використання результатів спектрального аналізу низькочастотних сигналів [Кадук Б.Г., Круковський-Синевич, Садовський В.В. Спектральний аналіз із стисненням масштабу часу. - К.: «Техніка», 1968].

Особливе значення у розробки ефективних вимірювальних систем мають різні аналізатори спектра, основним блоком яких є дисперсійна лінія затримки (ДЛЗ). Особливість дисперсійних аналізаторів обумовлено тим, що результати аналізу одержують у значно більш універсальному часовому просторі, чим у частотному. Відомі і інші практично більш значні переваги дисперсійних аналізаторів спектра лише вузькосмугових сигналів кінцевої довжини.

Однак ДЛЗ відомих дисперсійних аналізаторів в основному, як відомо, мають недостатню часто-

тну смугу пропускання, необхідне розширення якої фактично унеможливорює реалізацію ДЛЗ на фазових контурах: потрібно використовувати велику кількість цих контурів при жорстких вимогах до ретельної настройки кожного з них і до точності підбору значень їх елементів. З цієї причини, згідно з відомим поняттям вузькосмугового сигналу, сигнал кінцевої довжини, що аналізується, зміщенням на певну високу частоту перетворюють у радіоімпульс. У цьому випадку приходиться використовувати ДЛЗ іншого відомого типу, але не на фазових контурах, і ці ДЛЗ розраховують на обидві (верхню та нижню) смуги частот. Тобто виходить двократна інформаційна надлишковість результатів аналізу.

Крім того, відомі дисперсійні аналізатори є порівняно складними пристроями, що визначається необхідністю використання на вході ДЛЗ смугового фільтра високого порядку з лінійною характеристикою фази від частоти (ФЧХ) [Трифонов І.І. Синтез реактивних цепей с заданными фазовыми характеристиками. - М.: «Связь», 1969, (8.15)], і лінійну модуляцію за частотою (ЛЧМ) сигналу, що аналізується [Лободинский Ю.Г., Оноприенко Е.И. Об анализе спектра устройством с дисперсией. «Радиотехника», 1966, т. 21, № 10]. Лінійність ФЧХ

(19) UA (11) 65227 (13) U

вхідного фільтра необхідна для збереження потрібної лінійності робочої ділянки функції групового часу затримки (ГЧЗ) лінії. А ЛЧМ певної крутості аналізованого сигналу необхідна для компенсації експоненти з показником у квадраті, яка з'являється на виході ДЛЗ, перекинувши корисний результат.

Найбільш близьким аналогом до технічного рішення, що заявляється, є відомі варіанти дисперсійно-часового аналізатора спектра радіосигналів, які крім відмічених вхідних блоків містять або послідовно з'єднані ДЛЗ та осцилограф, на вході розгортки якого знаходиться синхронізатор, вхід якого з'єднано зі входом ДЛЗ, функція ГЧЗ якої має лінійну робочу ділянку, або аналізатор такої ж структури, але на виході ДЛЗ, функція ГЧЗ якої має монотонно-нелінійну робочу ділянку, він містить блок обробки сигналу за відомим законом [Тверской В.И. Дисперсионно-временные методы измерения спектров радиосигналов. - М: «Советское радио», 1974, Рис. 1.1, 1.2].

Однак, як і усі відомі, ці аналізатори мають також ще відмічені недоліки.

Технічною задачею, яка вирішується корисною моделлю, є задача одержання дисперсійного аналізатора спектра низькочастотних сигналів та його варіантів адекватною низькочастотною лінією на фазових контурах мінімальної кількості без використання на вході складного частотного фільтра та ЛЧМ аналізованого сигналу.

Ця задача вирішується пристроєм для дисперсійного аналізу спектра низькочастотних сигналів лінією на фазових контурах та його варіантами, який містить послідовно з'єднані ДЛЗ та осцилограф, на вході розгортки якого знаходиться синхронізатор, вхід якого з'єднано зі входом ДЛЗ, функція ГЧЗ якої у першому та другому варіантах є лінійною, а у третьому варіанті вона монотонно-нелінійна і між ДЛЗ та осцилографом цього варіанта знаходиться блок обробки сигналу за законом $\sqrt{2\pi t'(\Omega)}$, або частотний коректор за таким же законом, де $\Omega(t)$ - миттєва частота зміщення області стаціонарної фази.

Новим є те, що на вході ДЛЗ уведено обмежувач перешкод (ОП), ДЛЗ є низькочастотною лінією з окремою (без ділянок) функцією ГЧЗ, у першому та другому варіантах ДЛЗ є лінією на фазових контурах другого та першого порядку, у другому варіанті на вході ДЛЗ уведено амплітудний детектор, а на її виході уведено корелометр, у третьому ж варіанті ДЛЗ є лінією на однакових фазових контурах лише першого порядку.

На кресленні, що додається, наведені структурні електричні схеми пристрою у варіанті аналізу безпосередньо ефективного спектра при лінійній функції ГЧЗ фіг. 1, у варіанті аналізу ефективного спектра через аналіз активного спектра при також лінійній функції ГЧЗ фіг. 2 і у варіанті аналізу ефективного спектра при монотонно-нелінійній функції ГЧЗ фіг. 3. Цей пристрій має обмежувач перешкод (ОП) 1, вхід якого є входом пристрою. У першому варіанті фіг. 1 пристрій крім ОП 1 містить послідовно з'єднані ДЛЗ 2 та осцилограф 3. У другому варіанті фіг. 2 між ОП 1 та ДЛЗ 2 знаходиться ам-

плітудний детектор (АД) 5, а між ДЛЗ 2 та осцилографом 3 знаходиться корелометр 6. У третьому варіанті фіг. 3 між ДЛЗ 2 та осцилографом 3 знаходиться формувач 7 функції $\sqrt{2\pi t'(\Omega)}$, або частотний коректор 7 за такою ж функцією. У всіх варіантах на вході розгортки осцилографа 3 знаходиться синхронізатор 4, вхід якого з'єднано із виходом ОП 1.

Працює запропонований пристрій таким чином:

Напруга аналізованого сигналу надходить на вхід обмежувача перешкод ОП 1. Принцип його роботи оснований на відслідковуванні цього сигналу, тому на виході ОП 1 відношення сигнал/перешкода є максимальне можливе [Туник В.Ф. Метод синтеза оптимальных линейных систем для следящей фильтрации активного спектра нестационарных процессов. «Известия ВУЗов. Радиоэлектроника» Т. 53, № 1, 2010].

Напруга одержаного сигналу із виходу ОП 1 надходить у першому фіг. 1 та у третьому фіг. 3 варіантах на вхід ДЛЗ 2 безпосередньо, у другому варіанті фіг. 2 - на вхід амплітудного детектора АД 5 і в усіх варіантах - на вхід синхронізатора 4, вихідний імпульс якого запускає розгортку осцилографа 5. Так починається процес спостереження та вимірювання текучого ефективного спектра у кожному варіанті запропонованого пристрою у реальному часі.

Можливість дисперсійного аналізу без вище відміченої попередньої обробки вхідного для ДЛЗ сигналу пояснюється тим, що на відміну від смугових ДЛЗ, низькочастотні лінії на вісі позитивних спектральних частот мають окрему (без сусідніх ланок) лінійну, або одну монотонно-нелінійну функції ГЧЗ. Це означає, що немає необхідності у попередньому частотному обмеженні вхідного сигналу складним фільтром, а оскільки низькочастотні сигнали мають досить велику довжину при порівняно вузькій ефективній смузі частот, то крутість функції ГЧЗ має таке велике значення, при якому експонента у квадраті, у яку входить ця крутість, близька до одиниці.

При цьому, на виході ДЛЗ 2 першого варіанта без додаткових перетворень одержується безпосередньо ефективний спектр. У другому ж варіанті необхідно мати також ефективний спектр, який складається з активного спектра та спектра миттєвої фази, або миттєвої частоти, тому напрошується у цьому варіанті використовувати ще один дисперсійний аналізатор спектра однієї з вказаних функцій, що не вигідно, та і у цьому нема необхідності, бо, як можна показати, з розвитком поняття активного спектра функції обвідної, миттєвих фази або частоти виявляються взаємозв'язаними, тому природно стверджувати, що повинні буди взаємозв'язаними і їх спектри.

Отже у другому варіанті, з виходу детектора АД 5 напруга надходить на вхід ДЛЗ 2. Згідно з відомим поняттям активного спектру саме обвідна, що виділяється детектором АД 5, має цій спектр. Значить у другому варіанті на виході ДЛЗ 2, на відміну від першого та третього варіантів, одержується функція модуля ні ефективного, а активного

спектра. Але, можна показати, що ефективний спектр у принципі одержується із спектра обвідної функцією автокореляції, тому на виході ДЛЗ 2 другого варіанта фіг. 2 знаходиться корелометр 6 на лінії затримки з відводами, яку значно простіше реалізовувати, чим ДЛЗ. На виході такого корелометра 6 хоча і одержується ефективний спектр, але при цьому аналізатор працює не у реальному часі. Оскільки, як відомо, активна смуга значно вужча, чим ефективна, то ДЛЗ 2 у другому варіанті має відповідно меншу кількість фазових контурів.

Отже, на виході кожного варіанта запропонованого пристрою дійсно у принципі з певними особливостями одержується функція модуля текучого ефективного спектра аналізованого сигналу. Напряма цієї функції надходить на сигнальний вхід осцилографа 3, на екрані якого у кожному мить змінюється зображення одержаного спектра доти, поки не закінчиться тривалість аналізованого сигналу. При цьому на виході синхронізатора 4 з'явиться імпульс зупинки процесу розгортки осцилографа 3 зі запам'ятанням осцилограми стаціонарного ефективного спектра аналізованого сигналу.

Для ефективного використання запропонованого пристрою, в залежності від умов конкретної технічної задачі необхідно синтезувати у першому та другому варіантах низькочастотну ДЛЗ з лінійною функцією ГЧЗ, бо неможливо використовувати відомі таблиці нормалізованих функцій ГЧЗ смугових ДЛЗ, так як зміщення їх у область низьких частот приводить до перекичування лінійної ділянки із-за накладання «хвостів» сусідніх ділянок ГЧЗ, що розташовані у областях негативних та позитивних спектральних частот. З цієї причини залишається лише можливість виростання відомого графоаналітичного метода синтезу ДЛЗ, для чого необхідно використовувати не тільки фазові контури другого порядку, але і контури першого порядку.

Реалізація ДЛЗ з монотонно-нелінійною функцією ГЧЗ третього варіанта суттєво спрощується: достатньо використовувати певну кількість однакових фазових контурів лише першого порядку.

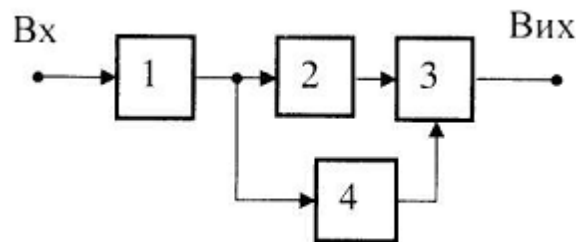
Але у цих аналізаторах на виході ДЛЗ 2 необхідно одержану функцію модуля спектра помножити на функцію $\sqrt{2\pi t'(\Omega)}$, або виконати частотну корекцію за законом цієї ж функції.

Таким чином, на відміну від відомих смугових дисперсійних аналізаторів, запропоновані аналізатори мають значні переваги, бо відсутня необхідність у попередньому частотному обмеженні аналізованих сигналів складними частотними фільтрами і у ЛЧМ їх. Запропонованим пристроєм передбачається дійсно реалізовувати спрощені дисперсійні аналізатори ефективного спектра низькочастотних сигналів спрощеною адекватною - низькочастотною лінією ДЛЗ 2 на фазових контурах мінімальної кількості.

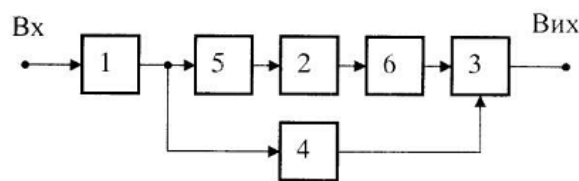
Варіантність запропонованого пристрою є найбільш суттєвою його новизною, бо у залежності від умов рішення конкретної технічної задачі саме варіантність пристрою дозволяє розробляти оптимальні для цих умов аналізатори. Наприклад, як відомо, у сучасному рівні розвитку аналогової і особливо цифрової схемотехніки існує можливість використовувати у другому варіанті пристрою цифровий автоматичний корелометр реального часу для низькочастотних сигналів від нуля до декількох кілогерц на схемах зсувного регістра замість лінії затримки з відводами.

Запропонований пристрій передбачається використовувати, наприклад, у єдиній системі автоматичного керування реальними фізичними об'єктами, у якій за допомогою виконуючих механізмів досягається підвищення ефективності функціонування за рахунок зменшення прояву небажаного відхилення їх від нормальної безперервної роботи.

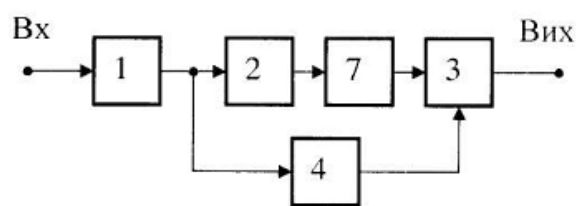
Отже можна стверджувати, що запропонований пристрій дійсно у принципі і реально дозволяє вирішувати проблемну задачу дисперсійного аналізу ефективного спектра саме низькочастотних сигналів при значному спрощенні реалізації аналізаторів з лінією на фазових контурах, що і визначає практичну корисність упровадження його у науку і техніку.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3