



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **67703**

(13) **U**

(51) МПК

G01R 23/16 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2011 03346**

(22) Дата подання заявки: **21.03.2011**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **12.03.2012**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **12.03.2012, Бюл.№ 5**

(72) Винахідник(и):

Туник Володимир Федотович (UA)

(73) Власник(и):

**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА
В.ЛАЗАРЯНА,**

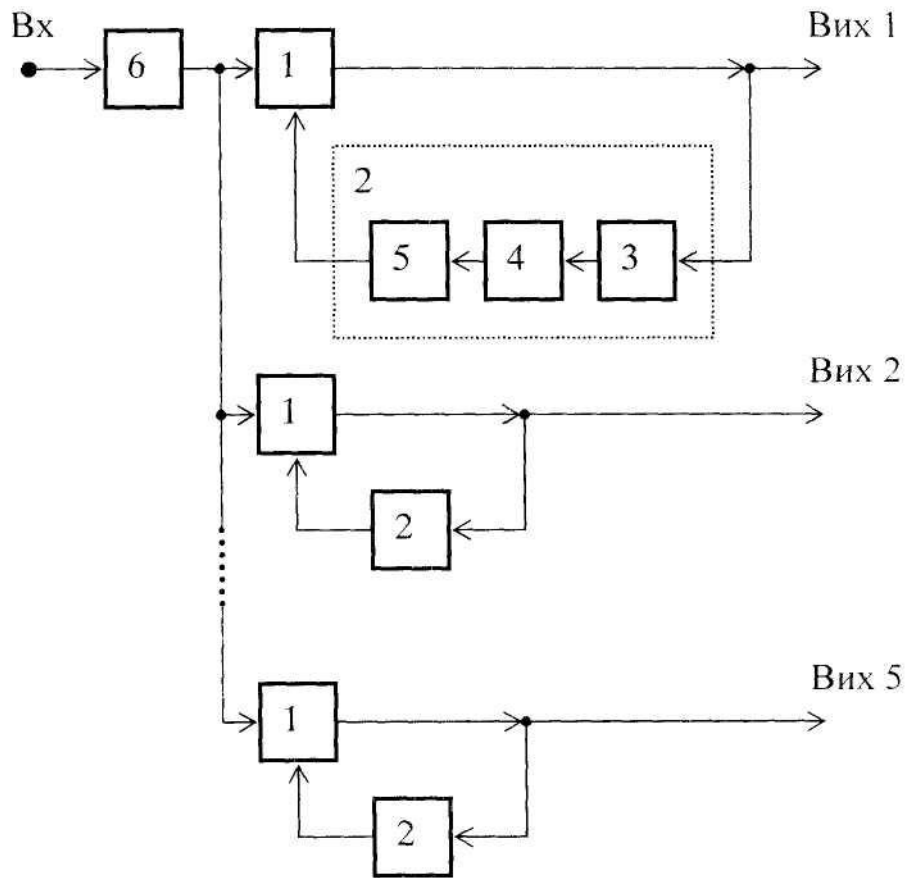
**вул.Ак.Лазаряна, 2, м.Дніпропетровськ,
49010 (UA)**

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ АКТИВНОГО СПЕКТРА СПРОЩЕНИМИ СЛІДКУЮЧИМИ РЕЗОНАТОРАМИ

(57) Реферат:

Пристрій для аналізу активного спектра спрощеними слідкуючими резонаторами містить канали, керований фільтр, блок керування, стаціонарний фільтр нижніх частот, обмежувач перешкод, резонатор, частотний детектор Гільберта, фазорізницевий перетворювач Гільберта, блок арктангенса та диференціатор.

UA 67703 U



Корисна модель належить до вимірювальної техніки апаратного аналізу спектра частот випадкових нестационарних процесів і призначена для розробки аналізаторів активного спектра вимірюваних сигналів інформації про короткочасне порушення нормального безперервного функціонування реальних фізичних об'єктів, наприклад, різних машин та механізмів.

Відома ступінь корисності використання у різних галузях науки і техніки апаратного аналізу спектра нестационарних процесів, які є випадковими короткочасними процесами, тому їх аналіз можна виконувати лише найбільш швидкодіючими відомими аналізаторами паралельного типу одночасної дії. Але ці аналізатори представляють порівняно складні пристрої. Так для звукового діапазону частот від 40 Гц до 18000 Гц аналізатор має 27 каналів аналізу, кожен з яких містить стаціонарний смуговий фільтр вище другого порядку [Стопский С. Б. Анализаторы спектра звуковых и инфразвуковых частот для акустической спектрометрии. – М.: "Энергоиздат", 1962 г., Рис.82]. Крім того ці фільтри неадекватні нестационарним процесам, тому при їх використанні виникають недопустимі похибки аналізу навіть при небажаному збільшенні часу аналізу до відомої межі структурної однорідності цих процесів – сигналів.

Однією з можливостей підвищення ефективності апаратного спектрального аналізу саме нестационарних процесів є шлях використання відомого поняття про активний спектр функції часу, який безперервно переміщується по пасивному - неінформаційному (зайвому) частотному діапазону значної ширини порівняно з практично невеликою активною смугою цього спектра, який у кожний момент несе досить повну інформацію про сигнал, що аналізується. Зрозуміло, що адекватними для таких сигналів повинні бути лише слідкуючі смугові фільтри.

До таких фільтрів належить пристрій для автоматичного слідкування за частотою нестационарними фільтрами [Патент України на корисну модель 23124, Бюл. №6 від 10.05.2007р.], який містить керований смуговий фільтр вище другого порядку, у колі оберненого керування якого знаходиться блок керування частотою зміщення активного спектра вхідного сигналу. Цей фільтр використано у пристрою для слідкуючого аналізу активного спектра нестационарних процесів [Патент України на корисну модель 33179, Бюл. №11 від 10.06.2008р.], який має від трьох до п'яти каналів аналізу. Але цей аналізатор, із-за складності фільтрів кожного каналу, є також порівняно складним.

Відомі значно більш прості слідкуючі смугові фільтри другого порядку - слідкуючі резонатори [Виницкий А.С. Модулированные фильтры и следящий приём ЧМ сигналов. - М.: "Сов. радио", 1969]. Ці фільтри можуть бути як з зовнішнім, так і з оберненим керуванням. Але коефіцієнт затухання цих фільтрів і, як наслідок, смуга пропускання не залежать від функції обвідної вхідного сигналу, яка визначається у цьому випадку з умови так названої адіабатичної інваріантності.

Відомі структурно-сигнальні нестационарні фільтри (ССНФ) [Заездный А.М., Зайцев В.А. Структурно-сигнальные параметрические фильтры и их использование для разделения сигналов. "Радиотехника", Т. 26, №1, 1971]. Ці фільтри являють собою також слідкуючі резонатори, які відповідають умові узагальненого резонансу, коли безперервно компенсується затухання резонаторів зовнішнім діям, тому вони сприймають адекватне складне діям подібно тому, як найпростіше синусоїдальне коливання сприймає стаціонарний резонатор. Тому ключова особливість фільтрів ССНФ є така, що їх коефіцієнт затухання і, як наслідок, смуга пропускання залежать не тільки від функції миттєвої частоти зміщення активного спектра, а і від функції зміни обвідної вхідного сигналу.

Але вирази змінних коефіцієнтів диференціальних рівнянь другого порядку відомих ССНФ мають порівняно велику кількість параметрів, відносин їх похідних та їх добуток, що також суттєво ускладнює їх реалізацію.

Найбільш близьким аналогом до технічного рішення, що заявляється, є відомий пристрій для апаратного аналізу узагальнено-активного спектра нестационарних процесів [Патент України на корисну модель 50739, Бюл. №12 від 25.06.2010р.], який містить від трьох до п'яти каналів аналізу, кожен з яких містить блоки керування за обвідною та за частотою аналізованого сигналу слідкуючого смугового фільтра вище другого порядку, кожна ланка каскадної реалізації якого є відомий ССНФ спрощеної реалізації [Зайцев В.А. Структурно-сигнальные нестационарные фильтры как основа для построения следящих систем связи. Сб. Методы помехоустойчивого приёма ЧМ и ФМ сигналов. - М.: "Советское радио", 1972 г], який містить каскадно з'єднані керовані диференціатор, індуктивний та ємнісний елементи і інтегратор.

Але, якщо цей фільтр використовувати як окрему ланку для побудови фільтрів високого порядку, то значного спрощення реалізації аналізатора досягнуто не буде, і чим вище їх порядок, тим нижче ефект спрощення, а наявність керованого індуктивного елемента потребує використовувати для аналізу низькочастотних сигналів важкокеровані котушки нелінійної

індуктивності великих розмірів, що суперечить принципу мініатюризації вимірювальної апаратури і приводить до переключування автоматичного керування котушки особливо при досягненні умови ферорезонансу, коли при незначній зміні напруги стрибком значної величини змінюється струм.

Крім того для керування цього фільтра його диференціатор та інтегратор необхідно керувати за функцією обвідної, а індуктивний та ємнісний елементи – за функцією миттєвої частоти зміщення активного спектра, що також ускладнює реалізацію. Але передаточна функція каскадного з'єднання диференціатора та інтегратора є постійною величиною, тому цей ССФН має передаточну функцію смугового фільтра другого порядку - резонатора, для керування якого, як відмічено, достатньо використовувати лише функцію миттєвої частоти зміщення активного спектра аналізованого сигналу.

Задача, яку поставлена корисною моделлю є одержання значно більш простого та ефективного пристрою для аналізу активного спектра за рахунок спрощення реалізації фільтрів, що аналізують.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для аналізу активного спектра спрощеними слідкувачами резонаторами, що містить від трьох до п'яти каналів одночасної дії, кожен з яких містить відомий керований фільтр (КФ), сигнальний вхід якого є входом каналу, виходом якого є вихід КФ, на вході керування якого знаходиться блок керування (БК), який містить послідовно з'єднані стаціонарний фільтр нижніх частот (ФНЧ) першого або другого порядку та керуючий елемент (КЕ), і при оберненому керуванні фільтра КФ його вихід з'єднано зі входом БК, а при прямому керуванні фільтра КФ його вхід з'єднано зі входом БК, згідно з корисною моделлю, на вході пристрою уведено обмежувач перешкод, фільтр КФ є керованим резонатором (КР) і на вході ФНЧ блока БК уведено частотний детектор (ЧД) Гільберта, який містить послідовно з'єднані фазорізницький перетворювач Гільберта, блок арктангенса та диференціатор.

Але серед відомих перетворювачів Гільберта частіше використовують такий, фазообертачами якого є фазові контури [Авраменко В.Л., Галямичев Ю.П., Ланнэ А.А... Электрические линии задержки и фазовращатели. - М.: "Связь", 1973 г., Гл. 4] чи перетворювачі Гільберта з лінійною фазочастотною характеристикою (ФЧХ) також на фазових контурах [Трифонов И.И... Расчёт электронных цепей с заданными частотными характеристиками. - М.: "Радио и связь", 1988 г., п. 2.7 (6)]. Однак для реалізації таких перетворювачів потрібно мати багато фазових контурів і важко одержувати при цьому потрібну їх амплітудно-частотну характеристику (АЧХ) та, головне, ФЧХ.

Новим є також і те, що один з фазообертачів реального перетворювача Гільберта за своєю АЧХ є ФНЧ з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ) та з лінійною ФЧХ, а другий фазообертач є гільбертовим фільтром верхніх частот (ФВЧ) також з КІХ та з такою ж за крутизною ФЧХ, зміщеною на -90° ; КР кожного каналу має відповідні початкову смугу пропускання та резонансну частоту настройки з урахуванням впливу на неї значення та характеру вихідного опору КЕ і стаціонарний ФНЧ має певну частоту зрізу.

На кресленні, що додається, наведена структурна електрична схема запропонованого пристрою для аналізу активного спектра спрощеними слідкувачами резонаторами. Вона має керований резонатор КР 1, блок керування БК 2 цього резонатора і обмежувач перешкод ОП 6. У БК 2 входять послідовно з'єднані частотний детектор ЧД 3 Гільберта, стаціонарний фільтр нижніх частот ФНЧ 4, елемент керування ЕК 5.

Входом пристрою є вхід ОП 6, а входом аналізатора є об'єднаний сигнальний вхід усіх КР 1, вихід кожного з яких є виходом відповідного каналу аналізатора. Входом блока БК 2 є вхід ЧД 3, який з'єднано з виходом КР 1 при оберненому керуванні його, а при прямому керуванні КР 1 його вхід з'єднано зі входом ЧД 3 (на кресленні не показано). Вихід ЧД 3 зв'язано через ФНЧ 4 зі входом ЕК 5, вихід якого з'єднано зі входом керування КР 1.

Працює запропонований пристрій таким чином:

Напруга аналізованого сигналу надходить на вхід обмежувача перешкод ОП 6. Принцип його роботи оснований на слідкуванні цього сигналу [Тунік В.Ф. Метод синтеза оптимальных линейных систем для следящей фильтрации активного спектра нестационарных процессов. "Известия ВУЗов. Радиоэлектроника". - Т. 53, №1, 2010 г]. Напруга $u_1(t)$ одержаного сигналу надходить на об'єднаний сигнальний вхід кожного керуючого резонатора КР 1 та при прямому керуванні його на вхід частотного детектора ЧД 3, що входить до блока БК 2. Вихідна напруга детектора ЧД 3 на виході ФНЧ 4 викликає напругу керування, яка надходить на вхід елемента ЕК 5, який відповідно автоматично змінює настройку резонатора КР 1. Завдяки використанню блока ОП 1 пряме керування резонатора КР 1 є значно більш точним, ніж без нього.

Згідно з відомим поняттям оптимально адекватного нестационарного резонатора [Виницкий А.С. Модулированные фильтры и следящий приём ЧМ сигналов. - М: "Советское радио", 1969, п. 8.1], немає необхідності використовувати керований смуговий фільтр вище другого порядку: достатньо мати лише слідкуючий резонатор КР 1.

5 Напругу $u_x(t)$ можна представити наступним комплексним (аналітичним) сигналом $\underline{U}_1(t) = A(t) \exp j\varphi(t) = A(t) \exp j\int \omega(t) dt$, де $A(t)$, $\varphi(t)$, $\omega(t)$ - відповідно миттєва амплітуда - обвідна сигналу $u_1(t)$, його миттєва фаза і миттєва частота. Диференціюванням цього виразу та діленням результату його на цей же вираз одержимо: $\frac{\dot{U}_{1t}}{\underline{U}_1(t)} = \frac{\dot{A}_t}{A(t)} + j\omega(t)$. Практична корисність

10 одержаного виразу полягає у тому, що він встановлює принциповий та практично корисний взаємозв'язок функцій обвідної $A(t)$ та миттєвої частоти $\omega(t)$ зміщення активного спектра для широкого класу сигналів, тому відповідає необхідності керування резонатора КР 1 використанням обидва ці параметри: необхідно і достатньо керувати КР 1 напругою лише однієї з вказаних функцій, при цьому друга функція достатньо точно відновлюється. Згідно з поняттям аналітичного сигналу, складові правої частини одержаного виразу є гільбертовими спряженими, 15 тому для одержання однієї з цих функцій необхідно використовувати відповідний детектор Гільберта. Відомо [Заездный А.М., Зайцев В.А.], що диференційне рівняння ССНФ для амплітудно-модульованого сигналу є значно складніше, чим частотно-модульованого, тому детектор Гільберта повинен бути лише частотним детектором ЧД 3.

20 Наявність частоти $\omega(t)$ для функції $u_1(t)$ дозволяє стверджувати про одержання нового поняття активного спектра, бо з відомих ознак, які відрізняють миттєві та спектральні частоти, лише активний спектр зберігає у кожний момент повну інформацію у обвідної $A(t)$ сигналу, що аналізується, а зміщується цей спектр на частотній шкалі за законом зміни миттєвої частоти $\omega(t)$, яка має свій зайвий (пасивний) спектр. Отже, в залежності від умов конкретної технічної задачі керовані резонатори КР 1 можуть мати відповідно вузьку смугу пропускання, порівняно з 25 діапазоном зміни частоти $\omega(t)$ зміщення активного спектра.

При оберненому керуванні резонатора КР 1 принцип роботи прямого керування його суттєво не змінюється лише з'являється необхідність забезпечення стійкості замкненого кола КР 1, ЧД 3, ФНЧ 4 та ЕК 5 у перехідному процесі самонастройки. Але відомо [Виницкий А.С., Гл.15], що існує саме для такого кола достатній і безумовний запас стійкості.

30 Запропонованим пристроєм передбачається дійсно реалізовувати спрощені та значно більш ефективні аналізатори активного спектра нестационарних процесів завдяки використанню обмежувача перешкод ОП 6 та спрощених автоматично керованих (слідкуючих) резонаторів КР 1.

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

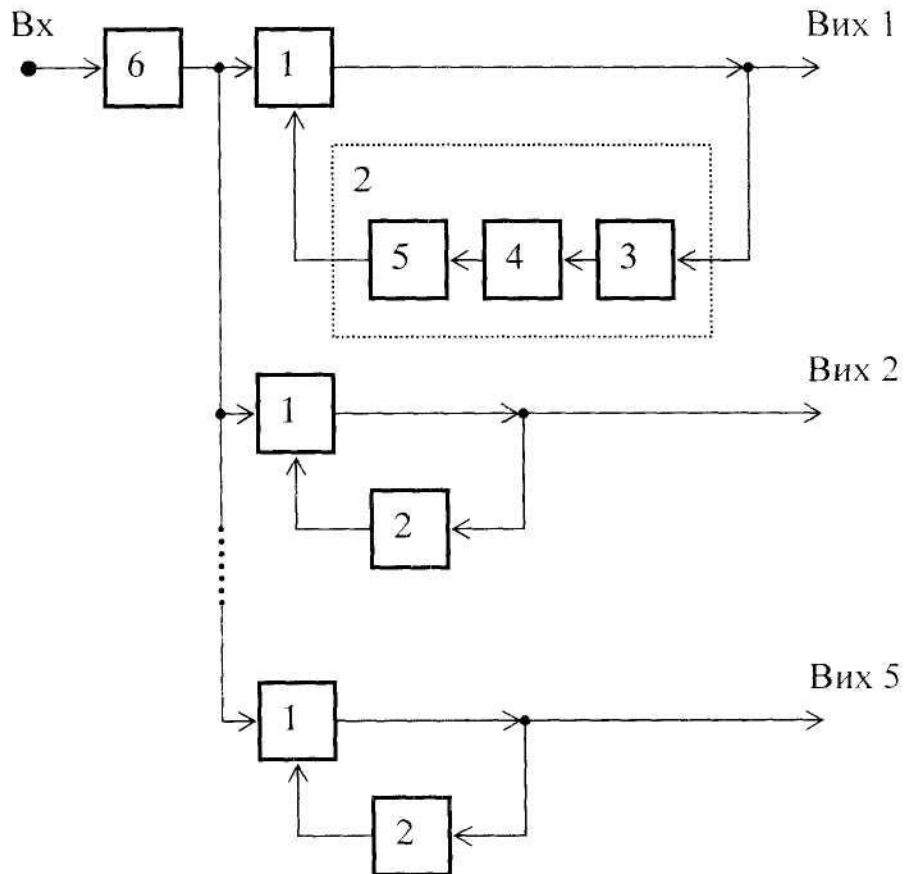
40 Таким чином, можна стверджувати, що запропонований пристрій дійсно у принципі і реально дозволяє вирішувати проблемну задачу розробки аналізаторів саме активного спектра нестационарних процесів при значному спрощенні реалізації їх використанням спрощених слідкуючих резонаторів, що саме і визначає практичну корисність упровадження його у науку і техніку.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

45 1. Пристрій для аналізу активного спектра спрощеними слідкуючими резонаторами, що містить від трьох до п'яти каналів одночасної дії, кожен з яких містить відомий керований фільтр (КФ), сигнальний вхід якого є входом каналу, виходом якого є вихід КФ, на вході керування якого знаходиться блок керування (БК), який містить послідовно з'єднані стаціонарний фільтр нижніх частот (ФНЧ) першого або другого порядку та керуючий елемент (КЕ), і при оберненому керуванні фільтра КФ його вихід з'єднано зі входом БК, при прямому керуванні фільтра КФ його вхід з'єднано зі входом БК, який **відрізняється** тим, що на вході пристрою уведено обмежувач перешкод, фільтр КФ є керованим резонатором (КР) і на вході ФНЧ блока БК уведено частотний детектор (ЧД) Гільберта, який містить послідовно з'єднані фазорізницевий перетворювач 50 Гільберта, блок арктангенса та диференціатор.

55 2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що один з фазообертачів реального перетворювача Гільберта за своєю амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) є ФНЧ з кінцевою імпульсною характеристикою (КИХ) та з лінійною фазочастотною характеристикою

(ФЧХ), а другий фазообертач є гільбертовим фільтром верхніх частот (ФВЧ) також з КІХ та з такою ж за крутизною ФЧХ, зміщеною на -90° ; КР кожного каналу має відповідні початкову смугу пропускання та резонансну частоту настройки з урахуванням впливу на неї значення та характеру вихідного опору КЕ і стаціонарний ФНЧ має певну частоту зрізу.



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601