



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35844 (13) U

(51) МПК (2006)

G01R 23/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВУЗЬКОСМУГОВОГО СЛІДКУВАЛЬНОГО АНАЛІЗУ АКТИВНОГО СПЕКТРА НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ

1

2

(21) u200804741

(22) 14.04.2008

(24) 10.10.2008

(46) 10.10.2008, Бюл.№ 19, 2008 р.

(72) ТУНИК ВОЛОДИМИР ФЕДОТОВИЧ, UA

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

(57) 1. Пристрій для вузькосмугового слідувального аналізу активного спектра нестационарних процесів, який має 3-5 вузькосмугових аналізаторів та один порівняно широкосмуговий аналізатор активного спектра, кожен з яких має 3-5 каналів одночасного аналізу, кожен з яких містить керований фільтр (КФ), входи керування яких у вузькосмугових аналізаторах об'єднано, а на вході керування КФ аналізатора активного спектра знаходиться керуючий елемент (КЕ), який **відрізняється** тим, що всі КФ є смугопропускними фільтрами вище другого порядку, різного типу та різної реалізації, постійна частотна смуга кожного з яких дорівнює активній смузі відповідної складової ак-

тивного спектра, а у кожний канал аналізатора активного спектра уведено послідовно з'єднані типовий частотний дискримінатор (ЧД), вхід якого з'єднано з виходом КФ, і стаціонарний згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ), вихід якого з'єднано з входом КЕ, вихід якого кожного з каналів з'єднано з об'єднаним входом керування КФ кожного з вузькосмугових аналізаторів, об'єднаний сигнальний вхід кожного з яких з'єднано з виходом кожного каналу аналізатора активного спектра.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що середня частота початкової настройки усіх КФ відповідає рівновіддаленому розподілу частот складових активного спектра, ЧД і КЕ мають лінійну статичну характеристику на частотному інтервалі, який з невеликим запасом перевищує діапазон зміни середньої частоти цього ж спектра, а частота переходу ЧД досить точно дорівнює частоті початкової настройки КФ саме аналізатора активного спектра, і ЗФНЧ є фільтром першого чи другого порядку.

Корисна модель відноситься до техніки апаратурного аналізу спектра частот випадкових нестационарних процесів і призначена для розробки реальних слідувальних аналізаторів спектра цих процесів.

Відома ступінь корисності використання у різних галузях науки і техніки апаратурного спектрального аналізу фізичних процесів, які в основному є випадковими, а саме, нестационарними процесами, спектральний аналіз яких найбільш швидко здатні виконувати лише відомі спектральні аналізатори одночасної дії - паралельного типу. [Крикунів В.Г. Спектральний аналіз електричних сигналів. Київ, «Техніка», 1971].

Основний недолік цих аналізаторів полягає у тому, що їх аналізуючі фільтри є в основному ста-

ціонарними, які 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 апаратурного спектрального аналізу нестационарних процесів є шлях використання відомого поняття про активний спектр сигналів, який безперервно переміщується по пасивному - неінформаційному (зайвому) частотному діапазону значної ширини порівняно з постійною активною частотною смугою цього спектра, який у кожний момент несе практично повну інформацію про процес, що аналізується. Активний спектр за особливостями

(13) U

(11) 35844

(19) UA

еквівалентний чи формантам сигналів речі і музики, чи спектру форми сигналів взагалі.

Відомо, що нестационарні процеси на окремих досить довгих відрізках текучого часу можуть мати явно виражену майже періодичність (повторність), тому активний спектр на такому відрізку має сукупність декілька рівновіддалених за частотою компонент (мілка структура спектра повторення), які мають досить вузьку активну смугу частот порівняно з відстанню між цими компонентами. Періоди, тривалості, форми процесу на цих відрізках випадково змінюються при переході від одного до другого такого відрізка.

Отже, необхідно перш за все мати такі аналізуючі фільтри, які здатні відслідковувати ці процеси, мають постійну вузьку частотну смугу пропускання та забезпечують потрібну вибірковість.

Відомі слідкувальні фільтри (СФ), які містять керований фільтр будь-якого типу, вище другого порядку і певної реалізації, петля зворотного зв'язку якого містить послідовно з'єднані типовий частотний дискримінатор, стаціонарний згладжуючий фільтр нижніх частот і керуючий елемент, вихід якого з'єднано зі входом керування керованого фільтра. [Патент України на корисну модель №23124 від 10.05.2007, Бюл. №6].

Але, для ефективного апаратного спектрального аналізу нестационарних процесів недостатньо мати окремі, хоча і узагальнені, СФ: потрібно забезпечити адекватність особливостям активного спектра крім СФ, також і цілісного пристрою цього аналізу.

Найбільш близьким аналогом до технічного рішення, що заявляється, є відомі схеми паралельного з'єднання за сигнальним входом декілька синфазне модульованих фільтрів, входи модуляції яких першої схеми об'єднані у єдиний вхід, на якому знаходиться реактивний модулятор, який знаходиться також і на вході модуляції але кожного окремого несинфазне модульованих фільтрів другої схеми. [Виницкий А.С. Модулированные фильтры и следящий приём ЧМ сигналов. М., «Советское радио», 1969, Рис.20.5, 20.6.]

За суттю, обидві схеми представляють відомі аналізатори спектра паралельно - одночасної дії. При цьому перша схема найбільш ефективно може аналізувати нестационарні процеси лише на відрізках майже періодичності, а друга - на відрізках зміни спектра на попередніх відрізках. Оскільки у першому випадку спектр має мілку структуру, то першу з відомих схем логічно назвати вузькосмуговим аналізатором активного спектра, а другу - порівняно широкосмуговим аналізатором того ж спектра.

Хоча ці схеми є слідкувальними, вони не можуть використовуватися безпосередньо для вузькосмугового аналізу активного спектра нестационарних процесів, бо невідомий принцип автоматичного перестроювання кожної з цих схем та об'єднання їх у загальну схему, а одиночний коливальний контур з керованою резонансною частотою, який є фільтром лише другого порядку, не може забезпечити необхідну вибірковість при потрібній частотній смузі пропускання.

Для вирішення деяких технічних задач достатньо використовувати лише порівняно широкосмуговий аналізатор активного спектра, наприклад, для формантного аналізу сигналів речі і музики, але спектр повторення приставляє значно більшу інформацію, отримання якої можливо тільки вузькосмуговим аналізатором мілкої структури того ж спектра.

Технічною задачею, яка вирішується корисною моделлю, є створення пристрою для вузькосмугового слідкувального аналізу активного спектра нестационарних процесів на основі відмічених відомих узагальнених СФ та схем паралельного з'єднання за сигнальним входом декілька синфазне і несинфазне модульованих (керованих) фільтрів.

Ця задача вирішується пристроєм для вузькосмугового слідкувального аналізу активного спектра нестационарних процесів, який має 3-5 вузькосмугових аналізаторів спектра та один порівняно широкосмуговий аналізатор активного спектра, кожен з яких має 3-5 каналів одночасного аналізу, кожен з яких містить керований фільтр (КФ), вхід керування кожного з яких у вузькосмугових аналізаторах об'єднано, а на вході керування КФ аналізатора активного спектра знаходиться керуючий елемент (КЕ).

Відрізняється цей пристрій тим, що усі КФ є смугопропускними фільтрами вище другого порядку, будь-якого типу і певної реалізації, постійна частотна смуга кожного з яких дорівнює активній смузі відповідної складової активного спектра, а у кожний канал аналізатора активного спектра уведено послідовно з'єднані типовий частотний дискримінатор (ЧД), вхід якого з'єднано з виходом КФ, і стаціонарний згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ), вихід якого з'єднано зі входом КЕ, вихід якого кожного з каналів з'єднано з об'єднаним входом керування КФ кожного вузькосмугового аналізатора, об'єднаний сигнальний вхід кожного з яких з'єднано з виходом кожного каналу аналізатора активного спектра.

Відрізняється цей пристрій також і тим, що середня частота початкової настройки усіх КФ відповідає рівновіддаленому розподілу частот складових активного спектра, ЧД і КЕ мають лінійну статичну характеристику на частотному інтервалі, який з невеликим запасом перевищує діапазон зміни середньої частоти активної смуги відповідної складової цього ж спектра, а частота переходу ЧД досить точно дорівнює частоті початкової настройки тих КФ, що входять до аналізатора саме активного спектра, і ЗФНЧ є фільтром першого чи другого порядку.

На кресленні, що додається, наведена структурна електрична схема запропонованого пристрою.

Кожен канал аналізатора активного спектра цього пристрою має КФ 1, блок оберненого керування 2 цим КФ 1. У блок 2 входять послідовно з'єднані ЧД 3, ЗФНЧ 4 і КЕ 5, а кожен канал вузькосмугового аналізатора 6 містить КФ 7.

Входом аналізатора активного спектра є об'єднаний сигнальний вхід усіх КФ 1, вихід кожного з яких є виходом одного з каналів цього аналізатора.

ра. Входом блока 2 є вхід ЧД 3, який з'єднано з виходом КФ 1, а вихід ЧД 3 зв'язано через ЗФНЧ 4 зі входом КЕ 5, вихід якого з'єднано зі входом керування КФ 1 і з об'єднаним входом керування усіх КФ 7, що входять у вузькосмуговий аналізатор 6. Вихід одного з каналів аналізатора активного спектра з'єднано з об'єднаним сигнальним входом усіх КФ 7.

Працює запропонований пристрій таким чином:

Нехай напруга, що надходить до об'єднаного сигнального входу усіх КФ 1 аналізатора активного спектра запропонованого пристрою, являє собою довільний нестационарний сигнал, який, наприклад, є наслідком роботи деякої машини, чи механізму, чи процес зміни струму в контактному проводі при русі електропоїзда, чи процес гальмування локомотиву, чи інші сигнали в загальному випадку разом з перешкодами. У початковий момент підключення зазначеної напруги, коли зовнішнє діяння на вході кожного з КФ 1 являє собою короткий імпульс, широкосмуговий спектр якого є суцільним і однорідним, а на його виході ще не встигає сформуватися початковий фронт перехідного процесу, на виході ЧД 3 відсутня управляюча напруга, значить зворотний зв'язок виявляється відключеним, тому КФ 1, а також і усі КФ 7, що входять у вузькосмуговий аналізатор 6 працюють у режимі стаціонарного фільтра з початковою настройкою. Такий режим буде продовжуватися доти, поки на виході КФ 1 не сформується визначена частина початкового фронту перехідного процесу. У залежності від смуги пропускання КФ 1 і їх частоти початкової настройки, вони виділять із зазначеного спектра лише відповідну смугу частот, що визначить на їх виході певної форми перехідний процес.

Під час формування на виході КФ 1 початкового фронту цього процесу, у визначений момент, в залежності від крутості цього фронту і величини порога спрацьовування ЧД 3, на його виході з'явиться визначеної величини напруга. Ця напруга надходить на вхід ЗФНЧ 4, з виходу якого згладжена управляюча напруга надходить на вхід КЕ 5, який перетворює управляючу напругу у керовані чилі резистивний, чилі ємнісний, чилі індуктивний елементи. З цього моменту починається перехідний процес захоплення - самонастройки тепер вже нестационарних КФ 1 та КФ 7.

Коли на виході КФ 1 почнуть з'являтися перші коливання як вільної, так і усталеної складових перехідного процесу, на виході ЧД 3 з'явиться напруга, яка пропорційно миттєвої частоті взаємодії (биття) цих коливань. Ця миттєва частота несе повну інформацію не тільки про функцію миттєвої частоти відповідної широкосмугової складової активного спектру вхідного сигналу, але і про особливості КФ 1 кожного каналу. Функція цієї миттєвої частоти визначає закон самонастроювання, по якому поступово кожний КФ 1 виявляється настроєний на ту зі складових активного спектра, частота якої є ближчою до середньої частоти настройки КФ 1, тому ця складова має найбільшу амплітуду серед других складових, виділених КФ 1. З виходу

КФ 1 сигнал поступає на вхід ЧД 3, який реагує на частоту складової саме більшої амплітуди.

Отже, пропорційно саме ближчій частоті кожного каналу одержується напруга на виході ЧД 3, яка на виході ЗФНЧ 4 викликає таку напругу керування, яка через КЕ 5 перестроює як КФ 1, так одночасно і усі КФ 7 відповідного аналізатора 6. Пояснюється це суттєвою особливістю принципу перестроювання КФ 1 як фільтра з оберненим керуванням (з самонастройкою). Вона полягає у тому, що, на відміну від відомого масштабного перестроювання фільтрів, отримується всього лише просте зміщення частоти настройки усіх КФ, завдяки чому не змінюється початкова рівновіддаленість частот початкової настройки КФ 7, які залишаються близькими до частот спектра повторення.

З часом, у сталих СФ вільна складова перехідного процесу згасає, остається лише усталена складова, миттєва частота якої утримує у кожний момент СФ настроєним на цю частоту, бо, оскільки СФ є лінійним фільтром і в ньому не міститься додаткових джерел коливання іншої частоти, то сигнали на вході і виході СФ не можуть суттєво відрізнятися один від одного за частотою.

Таким чином, порівняно широкосмугові КФ 1 і вузькосмугові КФ 7 кожного каналу виявляються досить точно настроєними на частоту саме відповідної ближчої складової активного спектру та його складових вхідного сигналу, що і потрібно. Ця точність залежить тільки від особливостей блоків, що входять у петлю оберненого зв'язку КФ 1.

При повільній зміні частоти вхідного для КФ 1 сигналу по будь-якому заздалегідь невідомого закону, як КФ 1 та КФ 7 кожного каналу будуть надійно відслідковувати ці зміни на усьому діапазоні за умови, що верхня гранична частота спектру цієї миттєвої частоти не перевищує так звану критичну частоту, вище якої КФ, як відомо, збуджується.

Для надійного і неперекрученого виділення однієї з відповідних активних складових, фільтри як КФ 1, так і КФ 7 повинні мати визначені смугу пропускання і початкову настройку, а для необхідного згладжування перешкод, наприклад, від сусідніх активних складових вхідного сигналу, вони повинні мати при цьому і високу вибірковість.

Коли одна частота, яка заздалегідь обрана із можливих спектральних частот функції зміни середньої частоти активної складової, збіжиться з частотою початкове настроєного КФ 1, слідування повинне призупинитися. Щоб це відбулося, значення перехідної частоти ЧД 3 повинно досить точно дорівнювати значенню вказаної частоти, а щоб слідуванням був охоплений увесь передбачуваний частотний діапазон зміни частоти вхідного сигналу необхідно, щоб характеристики ЧД 3 і УЕ 5 мали лінійну ділянку, яка перевищує з запасом цей діапазон. При цьому ЗФНЧ 4, як відомо, може бути стаціонарним фільтром першого, або другого порядку.

Таким чином, на відміну від відомих аналізаторів випадкових процесів паралельного типу, у запропонованому аналізаторі на виході кожного каналу дійсно виділяються складові активного спектру вузької смуги завдяки тому, що він відслідковує ці складові адекватними СФ. Ефективність

такого аналізатора тим вище, чим менше частотна смуга вказаних складових по відношенню до величини частотного діапазону переміщення їх.

Як порівняно широкосмугові складові активного спектра, так і його мілка структура у сукупності відображають динамічні особливості реального технічного об'єкта, що дозволяє модернізувати

його, у тому числі шляхом використання відповідних додаткових пристроїв автоматичного керування його роботою.

Отже, на основі запропонованого пристрою можна значно поліпшувати основні характеристики реальних технічних об'єктів, що визначає практичну корисність його упровадження у науку і техніку.

