



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50739 (13) U
(51) МПК (2009)
G01R 23/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ АПАРАТУРНОГО АНАЛІЗУ УЗАГАЛЬНЕНО- АКТИВНОГО СПЕКТРА НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ

1

2

(21) u200912583

(22) 04.12.2009

(24) 25.06.2010

(46) 25.06.2010, Бюл.№ 12, 2010 р.

(72) ТУНИК ВОЛОДИМИР ФЕДОТОВИЧ

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

(57) Пристрій для апаратного аналізу узагальнено-активного спектра нестационарних процесів, який містить 3-5 каналів одночасного аналізу, кожен з яких містить автоматично керований смуговий фільтр (КФ), у петлю зворотного зв'язку якого входить блок керування за частотою (БКЧ), який містить послідовно з'єднані типовий частотний дискримінація (ЧД), стаціонарний згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ) і керуючий елемент (КЕ), який з'єднано зі входом керування за частотою кожної смугової ланки другого порядку реалізації КФ, який є смуговим фільтром будь-якого типу вище другого порядку як поліноміальним, так

і не поліноміальним, і не тільки каскадною, але також і багатопетлевою реалізацією, який **відрізняється** тим, що уведено другу петлю зворотного зв'язку з блоком керування за обвідною (БКО), який містить послідовно з'єднані амплітудний детектор (АД) на вході БКО та КЕ на його виході, а ланками для реалізації КФ є структурно-сигнальні нестационарні фільтри (ССНФ), кожний з яких містить послідовно з'єднані керований диференціатор (КД), послідовний коливальний контур (КК) з керованими індуктивним та ємнісним елементами і керований інтегратор (КІ), сигнальний вхід якого з'єднано з конденсатором КК, а об'єднаний вхід керування КІ і КД з'єднано з виходом БКО для керування їх за обернено пропорційною функцією обвідної вхідного сигналу, а керуючий вхід КК з'єднано з виходом БКЧ для керування його індуктивного та ємнісного елементів за обернено пропорційною функцією зміщення середньої частоти активного спектра вхідного сигналу.

Корисна модель відноситься до техніки апаратного аналізу спектра частот випадкових нестационарних процесів і призначена для розробки аналізаторів активного спектра сигналів вимірної інформації про короткочасне порушення нормального безперервного функціонування реальних фізичних об'єктів. У такому сенсі характерним прикладом є процес гальмування локомотива.

Відома степінь корисності використання у різних галузях науки і техніки апаратного аналізу спектра реальних фізичних процесів, які в основному є випадковими нестационарними процесами, тому їх аналіз можна виконувати лише найбільш швидкодіючими відомими аналізаторами паралельного типу одночасної дії. Але стаціонарні аналізуючі фільтри цих аналізаторів 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 сигналів, який безперервно переміщується по пасивному - неінформаційному (зайвому) частотному діапазону значної ширини порівняно з практично постійною активною смугою цього спектра, який у кожному момент несе досить повну інформацію про сигнал, що аналізується. Зрозуміло, що адекватними для таких сигналів повинні бути слідкувальні смугові фільтри, а як аналізуючі активний спектр вони повинні бути фільтрами також і з самонастроюванням.

Цім вимогам задовольняють відомі слідкувальні фільтри [Виницкий А.С. Модулированные фильтры и следящий приём ЧМ сигналов. - М.: «Сов. радио», 1969]. Ці фільтри можуть бути як зовнішнім, так і з оберненим керуванням. Саме обернене керування необхідне для самонастроювання їх.

(13) U

(11) 50739

(19) UA

Але ці фільтри являють собою лише одиночний коливальний контур (КК), який не може мати необхідну вибірковість при потрібній частотній смузі пропускання спектральних частот. Крім того, коефіцієнт згасання і, як наслідок, смуга пропускання контуру не залежать від функції обвідної вхідного сигналу, яка визначається у цьому випадку з умови так названої адиабатичної інваріантності.

Відомі слідкувальні фільтри з самонастроюванням [Патент України на корисну модель № 23124 від 10.05.2007. Бюл. № 6]. Ці фільтри найбільш адекватні відміченим особливостям активного спектра сигналів. Ефективність використання їх в аналізаторах тим вище, чим менше активна смуга сигналів, що аналізуються, порівняно з діапазоном зміщення цієї смуги, тому немає необхідності слідкувати фільтрами за змінами цієї смуги, бо ці сигнали подібні частотно-модульованим (ЧМ) сигналам.

Найбільш близьким аналогом до технічного рішення, що заявляється, є відомий пристрій для слідкувального аналізу активного спектра нестаціонарних процесів, який містить 3-5 каналів одночасного аналізу, кожен з яких містить відмічений відомий слідкувальний фільтр, який містить автоматично керований фільтр (КФ), 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 КФ, який є смуговим фільтром вище другого порядку будь-якого типу як поліноміальний, так і не поліноміальний, не тільки каскадної, але також багатопетлевої реалізації [Патент України на корисну модель № 33179 від 10.06.2008. Бюл. № 11].

Але сигнали, що аналізуються цим аналізатором, являють собою порівняно вузький клас. Характерним прикладом таких сигналів є формантні складові мовних сигналів. Або сигнали діалогу між чоловіком з низьким голосом та жінкою з високим голосом, коли активний спектр зміщується з області відповідно більш низьких у область більш високих частот і навпаки.

Крім того, оскільки КФ цього аналізатора відслідковують лише частоту зміщення активного спектра, то згідно з особливостями відомої масштабної перестройки частотних фільтрів, пропорційно діапазону цього зміщення змінюється згасання і, як наслідок, смуга пропускання контурів КК, які входять у фільтр КФ, що суперечить особливостям активного спектра.

Взагалі природно вважати, що у більшості сигналів значно змінюються як ширина активної смуги, так і зміщення її середньої частоти. При цьому активна смуга може навіть суттєво перевищувати діапазон зміщення середньої частоти цієї смуги. Такі сигнали більше подібні амплітудно-модульованим (АМ), чим ЧМ сигналам. З цієї причини особливе значення має необхідність відслідковувати фільтрами не тільки частотні, але і амплітудні зміни - обвідної вхідних сигналів.

Активний спектр таких сигналів логічно назвати узагальнено-активним, бо до таких сигналів відносяться більшість сигналів вимірної інформації

про функціонування реальних фізичних об'єктів, наприклад, сигнали роботи деяких машин та механізмів, процес зміни струму у контактному проводі при русі електропоїзда, процес гальмування локомотиву і багато інших процесів. Аналізуючи фільтри таких сигналів повинні відслідковувати не тільки зміщення, але і зміни активної полоси.

Цим вимогам найбільш адекватно задовольняють відомі структурно-сигнальні нестаціонарні 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 представляють собою одиночні КК, які відповідають умові узагальненого резонансу, коли безперервно компенсується згасання контуру зовнішнім діянням, тому він сприймає адекватне складне діяння подібно тому, як найпростіше синусоїдальне коливання сприймає стаціонарний контур. Тому ключова особливість фільтрів ССНФ є така, що їх коефіцієнт згасання і, як наслідок, смуга пропускання залежать не тільки від функції миттєвої частоти зміщення активного спектра, а і, головне, від функції зміни обвідної вхідного сигналу. Тут саме це і потрібно.

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

Технічною задачею, яка вирішується корисною моделлю, є задача одержання значно більш ефективного пристрою для апаратного аналізу саме узагальнено-активного спектра нестаціонарних процесів, аналізуючи фільтри яких є найпростішими з відомих реалізацій ССНФ [Зайцев В.А. Структурно-сигнальные нестаационарные фильтры как основа для построения следящих систем связи. Сб. Методы помехоустойчивого приёма ЧМ и ФМ сигналов. - М.: «Сов. радио», 1972, Рис. 2].

Ця задача вирішується пристроєм для апаратного аналізу узагальнено-активного спектра нестаціонарних процесів, який містить 3-5 каналів одночасного аналізу, кожен з яких містить автоматично керований смуговий фільтр (КФ), у петлю зворотного зв'язку якого входить блок керування за частотою (БКЧ), який містить послідовно з'єднані типовий частотний дискримінатор (ЧД), стаціонарний згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ) і керуючий елемент (КЕ), вихід якого з'єднано зі входом керування за частотою кожної смугової ланки другого порядку реалізації КФ, який є смуговим фільтром будь-якого типу вище другого порядку як поліноміальним, так і не поліноміальним і не тільки каскадної, але також і багатопетлевої реалізації.

Новим є то, що уведено другу петлю зворотного зв'язку зі блоком керування за обвідною (БКО), який містить послідовно з'єднані амплітудний детектор (АД) на вході БКО та КЕ на його виході, а ланками для реалізації КФ є структурно-сигнальні нестаціонарні фільтри (ССНФ), кожний з яких містить послідовно з'єднані керований диференціатор (КД), послідовний коливальний контур (КК) з керованими індуктивним та ємнісним елементами і керований інтегратор (КІ), сигнальний вхід якого

з'єднано з конденсатором КК, а об'єднаний вхід керування КІ і КД з'єднано з виходом БКО для керування їх за обернено пропорційною функцією обвідної вхідного сигналу, а керуючий вхід КК з'єднано з виходом БКЧ для керування його індуктивного та ємнісного елементів за обернено пропорційною функцією зміщення середньої частоти активної спектра вхідного сигналу.

На кресленні, що додається, наведена структурна електрична схема запропонованого пристрою, який містить керований фільтр (КФ) 1, блок оберненого керування цього фільтра за функцією зміни обвідної вхідного сигналу (БКО) 2, блок оберненого керування цього ж фільтра за функцією зміщення середньої частоти активного спектра (БКЧ) 3, структурно-сигнальні нестационарні фільтри (ССНФ) 4, керований диференціатор (КД) 5, керований коливальний контур (КК) 6, керований інтегратор (КІ) 7, керуючий елемент (КЕ) 8, амплітудний детектор (АД) 9, частотний дискримінатор (ЧД) 10 і згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ) 11.

Входом цього пристрою є об'єднаний вхід КФ 1 усіх каналів аналізатора, виходом кожного з яких є вихід КФ 1, який містить більше одного ССНФ 4, кожен з яких містить послідовно з'єднані КД 5, КК 6 і КІ 7. Вихід КФ 1 з'єднано з об'єднаним входом БКО 2 і БКЧ 3, який містить послідовно з'єднані ЧД 10 на вході, ЗФНЧ 11 і КЕ 8 на виході, а БКО 2 містить послідовно з'єднані АД 9 на вході і другий КЕ 8 на виході, який з'єднано з об'єднаним входом керування КД 5 і КІ 7 за обернено пропорційної функції обвідної вхідного сигналу, а керуючий вхід КК 6 з'єднано з виходом БКЧ 3 для керування його індуктивного та ємнісного елементів за обернено пропорційної функції змінної частоти активного спектра сигналу.

Працює запропонований пристрій таким чином:

Напруга сигналу в загальному випадку разом з перешкодами, яка надходить до сигнального входу КФ 1 кожного каналу запропонованого аналізатора у початковий момент являє собою короткий імпульс, широкосмуговий спектр якого є суцільним і однорідним, тому на виході КФ 1 ще не встигає сформуватися початковий фронт перехідного процесу, тому на виході блоків БКО 2 та БКЧ 3 відсутня управляюча напруга, значить зворотний зв'язок виявляється відключеним і КФ 1 працює у режимі стаціонарного фільтра. Такий режим буде продовжуватись доти, поки на виході КФ 1 не сформується певна частина початкового фронту перехідного процесу. У залежності від смуги пропускання і частоти початкової настройки стаціонарного КФ 1 кожного каналу аналізатора він виділить із зазначеного спектра лише відповідну вузьку смугу частот, що саме і визначає на його виході певної форми початковий фронт перехідного процесу.

У певний момент в залежності від крутості цього фронту і значення порога спрацювання АД 9 і ЧД 10 на їх виході з'явиться певної величини напруга, яка надходить у блоку БКЧ 3 на вхід ЗФНЧ 11, з виходу якого згладжена напруга надходить на вхід КЕ 8, управляюча напругою якого змінює початкове значення індуктивного та ємнісного еле-

ментів КК 6, а у блоку БКО 2 напруга з виходу АД 9 надходить безпосередньо на вхід свого КЕ 8, управляюча напругою якого змінює початкове значення коефіцієнта передачі як КД 5, так і КІ 7. З цього моменту починається перехідний процес захоплення вхідною напругою тепер вже нестационарного КФ 1.

Коли на виході КФ 1 почнуть з'являтися перші коливання як вільної, так і усталеної складових, на виході ЧД 10 і АД 9 з'явиться напруга пропорційно відповідно миттєвої частоти та обвідної взаємодії (биття) цих складових. Так починається слідування зі самонастроюванням ССНФ 4 за функцією цього биття у перехідному режимі. Ці миттєва частота та обвідна несуть повну інформацію про функцію відповідної складової узагальнено-активного спектру вхідного сигналу, але вони залежать від особливостей ССНФ 4 кожного каналу. Саме функції миттєвої частоти та обвідної визначають у динамічному режимі закон слідування зі самонастроюванням, який по зворотному зв'язку трансформує характеристики кожного ССНФ 4 так, що поступово у цьому процесі КФ 1 кожного каналу виявляється настроєний на частоту найближчої зі середніх частот узагальнено-активного спектру, що є наслідком особливостей функціонування оберненого керування усіма ССНФ 4, що входять у КФ 1 кожного каналу аналізатора.

З часом, коли остається лише усталена складова кожної зі складових узагальнено-активного спектру, миттєва частота цих складових утримує у кожний момент КФ 1 настроєним на одну найближчу складову до частоти початкової настройки цього фільтра. Пояснюється це тим, що оскільки КФ 1 є лінійним фільтром і у ньому не міститься додаткових джерел коливання іншої частоти, то сигнали на вході і виході КФ 1 у принципі не можуть суттєво відрізнятися за частотою самонастроювання один від одного.

Отже, на процес захоплення КФ 1 кожного каналу не можуть суттєво вплинути складові активного спектру сусідніх каналів, бо при відмічених умовах і при згасанні вільної складової перехідного процесу слідування зі самонастроюванням ССНФ 4 практично відсутні биття її з вузькосмуговою усталеною складовою цих каналів. Цілком зрозуміло, що для надійного і неперекрученого виділення лише однієї із активних складових вхідного сигналу, КФ 1 повинні мати не тільки визначені смугу пропускання і початкову настройку, але і високу вибірковість.

Таким чином, КФ 1 кожного каналу виявляється досить точно настроєним на змінну частоту саме відповідної складової узагальнено-активного спектру вхідного сигналу. Причому, цей результат не залежить ні від типу КФ 1, ні від його порядку. Точність самонастроювання в усталеному режимі по відношенню до вказаної частоти залежить тільки від початкової настройки КФ 1 і від функціонування блоків, що входять у петлю оберненого зв'язку.

Режим утримання кожного контуру КК 6, що входять у кожний ССНФ 4, миттєвою частотою відповідної складової узагальнено-активного спектру вхідного сигналу означає, що при повільної

зміни цієї частоти та обвідної по будь-якому заздалегідь невідомому закону усі ССНФ 4 кожного каналу будуть надійно відслідковувати ці зміни за умови, коли верхня спектральна частота на усьому діапазоні цих змін не перевищить так звану критичну частоту, вище якої контур КК 6 збуджується.

Коли одна (номінальна) частота, яка заздалегідь обрана із можливих спектральних частот функції зміни середньої частоти складової активного спектра збіжиться з частотою початкове настроєного КФ 1, самонастроювання повинно призупинитися. Щоб це відбулося значення перехідної частоти ЧД 10 повинно бути досить точно дорівнювати значенню вказаної номінальної частоти, а щоб самонастроюванням був охоплений увесь передбачуваний частотний і динамічний діапазони зміни частоти і обвідної відповідної складової активного спектра вхідного сигналу необхідно мати лінійну ділянку з запасом характеристики блоків ДЧ 10, АД 9 і КЕ 8. При цьому ЗФНЧ,

як відомо, повинен 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 у принципі дійсно виділяються складові саме узагальнено-активного спектру певної вузької смуги завдяки тому, що він відслідковує ці складові зі самонастроюванням на них. Ефективність використання цього аналізатора залежить лише від узгодженості особливостей аналізатора та умов конкретної технічної задачі реалізації його.

Складові у сукупності одержаного спектра реалізованим аналізатором відображають динамічні особливості технічного об'єкта, що дозволяє модернізувати його шляхом використання відповідних додаткових пристроїв автоматичного керування його роботою.

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

