



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40428 (13) U  
(51) МПК (2009)  
H03H 21/00  
G05B 13/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО СЛІДКУВАННЯ ЗА ЧАСТОТОЮ ЛІНІЙНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ КОЛАМИ**

1

2

(21) u200812416

(22) 22.10.2008

(24) 10.04.2009

(46) 10.04.2009, Бюл.№ 7, 2009 р.

(72) ТУНИК ВОЛОДИМИР ФЕДОТОВИЧ, UA

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

(57) 1. Пристрій для автоматичного слідування за частотою (АСЧ) лінійними електричними колами, який містить керований блок (КБ), петля зворотного керування якого містить послідовно з'єднані частотний дискримінація (ЧД), згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ) і керуючий елемент (КЕ), вихід якого з'єднаний із входом керування КБ, вихід якого, будучи виходом пристрою АСЧ, з'єд-

наний із входом ЧД, який відрізняється тим, що КБ являє собою відомі керовані блок-схеми чи/і послідовного типу з одночасним керуванням, чи/і паралельного типу з одночасним або неодноразовим керуванням, блоки яких є відомі, чи/і лінійні системи АСЧ, чи/і слідувальні фільтри (СФ), чи/і типові лінійні електричні чи електронні кола з зосередженими параметрами.

2. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що СФ є будь-якого типу вище другого порядку і певної реалізації, ЧД і КЕ мають лінійну статичну характеристику на робочому частотному діапазоні з невеликим запасом, а частота переходу ЧД досить точно дорівнює частоті початкової настройки блока КБ і ЗФНЧ є фільтром першого чи другого порядку.

Корисна модель відноситься до техніки самонастроювальних електричних систем керування для одержання оптимального режиму роботи за заданим критерієм ефективності, до яких відносяться, наприклад, пристрої для апаратного аналізу активного спектра сигналів чи для автоматичної корекції перекручувань сигналів зв'язку [Кисель В.А. Аналоговые и цифровые корректоры. Справочник. М., «Радио и связь», 1986] та інші.

До цієї ж техніки відносяться також і відомі різні системи автоматичного слідування за частотою (АСЧ) вхідного сигналу. Але вони вирішують порівняно вузькі технічні задачі і у них проявляються нелінійні явища. [Кривицкий Б.Х. Автоматическое слежение за частотой. М., «Энергия», 1974].

Хоча відомі АСЧ фільтри є лінійними, вони необхідні в основному саме для апаратного аналізу активного спектра сигналів. [Тунік В.Ф. Пристрій для автоматичного слідування за частотою нестационарними фільтрами. Патент України на корисну модель, №23124 від 10.05.2007, Бюл. №6].

Найбільш близьким аналогом до заявленого технічного рішення прийнято відомі керовані блок-схеми і слідувальні фільтри, які містять керований фільтр, петля зворотного керування якого містить послідовно з'єднані частотний дискримінація,

згладжуючий фільтр нижніх частот та керуючий елемент. [Виницкий А.С. Модулированные фильтры и следящий приём ЧМ сигналов. М., «Советское радио», 1969, Рис.20.1, 20.5, 20.6]. Але ці фільтри і блок-схеми окремо не є узагальненим пристроєм АСЧ. Крім того, оскільки при розробці конкретних реальних систем виникає багато різних технічних задач, то відмічених відомих пристроїв може бути недостатньо.

Технічною задачею, яка вирішується корисною моделлю, є розширення можливостей підвищення ефективності функціонування реальних оптимальних пристроїв шляхом узагальнення відомих систем АСЧ.

Ця задача вирішується пристроєм для автоматичного слідування за частотою (АСЧ) лінійними електричними колами, який містить керований блок (КБ), петля зворотного зв'язку якого містить послідовно з'єднані частотний дискримінація (ЧД), згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ) і керуючий елемент (КЕ), вихід якого з'єднаний із входом керування КБ, вихід якого, будучи виходом пристрою АСЧ, з'єднаний із входом ЧД.

Відрізняється цей пристрій тим, що КБ являє собою відомі керовані блок-схеми чи/і послідовного типу з одночасним керуванням, чи/і паралельного типу з одночасним, або не одночасним керу-

UA (19)  
40428 (11)  
U (13)

ванням, блоки яких є відомі чи/ї лінійні системи АСЧ, чи/ї слідкувальні фільтри (СФ), чи/ї типові лінійні електричні чи електронні кола з зосередженими параметрами [Трифонов И.И. Расчёт электронных цепей с заданными частотными характеристиками. М., «Радио и связь», 1988].

Відрізняється цей пристрій ще і тим, що СФ є будь-якого типу вище другого порядку і певної реалізації, ЧД і КЕ мають лінійну статичну характеристику на робочому частотному діапазоні з великим запасом, а частота переходу ЧД досить точно дорівнює частоті початкової настройки блоку КБ і ЗФНЧ є фільтром першого чи другого порядку.

На кресленні, що додається, наведена структурна електрична схема пристрою АСЧ. На цій схемі позначено керуваний блок (КБ)-1, частотний дискримінатор (ЧД)-2, згладжуючий фільтр нижніх частот (ЗФНЧ)-3 і керуючий елемент (КЕ)-4.

Входом пристрою АСЧ є сигнальний вхід блоку КБ-1, вихід якого є виходом пристрою АСЧ. Цей вихід з'єднаний зі входом керування КБ-1 через петлю зворотного керування, яка містить послідовно з'єднані ЧД-2, ЗФНЧ-3 і КЕ-4.

Працює запропонований пристрій таким чином:

Нехай напруга, що надходить на сигнальний вхід КБ-1 запропонованого пристрою АСЧ, являє собою довільний нестационарний процес - сигнал у загальному випадку разом з перешкодами. У початковий момент після підключення зазначеної напруги, коли зовнішнє діяння являє собою короткий імпульс, широкосмуговий спектр якого є суцільним і однорідним, на виході КБ-1 ще не встигає сформуватися початковий фронт перехідного процесу. З цієї причини на виході ЧД-2 відсутня управляюча напруга, тому зворотний зв'язок виявляється відключеним і КБ-1 працює у режимі стаціонарного кола.

Однак, якщо керування блоком КБ-1 відбувалося би за відомим принципом масштабної перестройки, то вже на цьому початковому етапі припинився би наступний перехідний процес настройки КБ-1. Щоб цього не відбулося, необхідно використовувати інший принцип зміщення частоти настройки КБ-1.

Режим стаціонарного КБ-1 буде продовжуватися доти, поки на його виході не сформується визначена частина початкового фронту перехідного процесу. У залежності від смуги пропускання КБ-1, він виділить зі зазначеного спектра лише відносно вузькосмугову частину його. Відповідно до основ спектрального синтезу, тривалість зазначеного початкового фронту обернено пропорційна смугі пропускання і частоті початково настроєного того кола, що входить до КБ-1.

Під час формування на виході КБ-1 початкового фронту перехідного процесу, у визначений момент часу, у залежності від крутості цього фронту і величини порога спрацьовування ЧД-2, на його виході з'явиться визначеної величини напруга. Ця напруга надходить на вхід ЗФНЧ-3. Згладжена управляюча напруга з виходу ЗФНЧ-3 надходить на вхід КЕ-4, який перетворює управляючу напругу у керувані чи/ї резистивний, чи/ї ємнісний, чи/ї ін-

дуктивний елементи. З цього моменту починається процес захоплювання - самонастроювання КБ-1. Характер цього процесу залежить тільки від функції миттєвої частоти, яка є наслідком взаємодії (биття) вільної і усталеної складових перехідного процесу на виході тепер вже нестационарного КБ-1. Важливо помітити, що ця миттєва частота несе повну інформацію не тільки про функцію миттєвої частоти вхідного сигналу, але і про структурну особливість пристрою АСЧ у цілому. Саме функція цієї миттєвої частоти визначає закон самонастроювання, який по зворотному зв'язку трансформує характеристики КБ-1 так, що він поступово виявляється настроєний на частоту вхідного сигналу. Незалежно від зазначеного закону, у стійких фільтрах вільна складова перехідного процесу неодмінно згасає, залишається тільки усталена складова. Тому тривалість процесу самонастроювання однозначно визначається тільки тривалістю перехідного процесу на виході КБ-1.

З закінченням процесу самонастроювання, коли на виході КБ-1 почнуть з'являтися перші коливання, на виході ЧД-2 з'явиться напруга, пропорційна частоті цих коливань. Так починається усталений режим утримання автоматично настроєного КБ-1 на відзначену частоту. Оскільки КБ-1 є лінійним колом і в ньому не міститься додаткових джерел коливання іншої частоти, то у цьому режимі сигнали на вході і виході КБ-1 не можуть відрізнитися один від іншого по частоті. Отже, КБ-1 виявляється досить точно настроєним на частоту саме вхідного сигналу, що і потрібно. Причому, цей результат не залежить ні від типу блоків, що входять до КБ-1, ні від його початкової настройки. Точність настройки чи значення залишкового розстроювання КБ-1 по відношенню до частоти вхідного сигналу, як відомо, залежать тільки від особливостей блоків, що входять у петлю зворотного зв'язку.

Якщо частота вхідного сигналу повільно змінюється за будь-яким заздалегідь невідомим законом, то, відповідно до розглянутого принципу самонастроювання, пристрій АСЧ буде надійно відслідковувати зміни цієї частоти на усьому її діапазоні за умови, що верхня гранична частота спектру вхідного сигналу свідомо не перевищує так звану критичну частоту, вище якої пристрій АСЧ, як відомо, збуджується.

Коли одна (номінальна) частота, яка заздалегідь обрана зі спектральних частот функції зміни частоти вхідного сигналу, збіжиться з частотою початково настроєного КБ-1, слідкування повинне призупинитися. Щоб це відбулося, значення перехідної частоти ЧД-2 повинно досить точно дорівнювати значенню зазначеної номінальної частоти, а щоб слідкуванням був охоплений увесь передбачуваний частотний діапазон зміни частоти вхідного сигналу необхідно, щоб характеристики ЧД-2 і УЕ-4 мали лінійну ділянку, яка перевищує з запасом цей діапазон.

Відзначені особливості роботи запропонованого пристрою і зазначені вимоги до його окремих блоків є наслідком досліджень комп'ютерних різних математичних моделей, у яких використовувалися різні КБ-1, ЧД-2 і ЗФНЧ-3.

Запропонований пристрій повинен бути узагальненим тому, що незалежно від складності він, як кероване лінійне коло є доступним, це можна показати, для спрощеного математичного аналізу і синтезу. Крім того, оскільки у процесі дослідження та розробки ефективних і надійних реальних систем АСЧ виникає чисельна кількість технічних задач проектування, конструювання, регулювання та настройки цих систем, то необхідно мати велику кількість можливих варіантів схем АСЧ для визна-

чення оптимальної з них. Для цього, як відомо, використовують комп'ютерне математичне моделювання, яке дозволяє, скорочуючи час, відбирати оптимальну систему.

Таким чином, можна стверджувати, що запропонований пристрій для автоматичного слідування за частотою лінійними електричними колами є безумовно об'єктивно реальним і корисним при використанні у науці і техніці.

