



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **88648** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01R 23/16** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

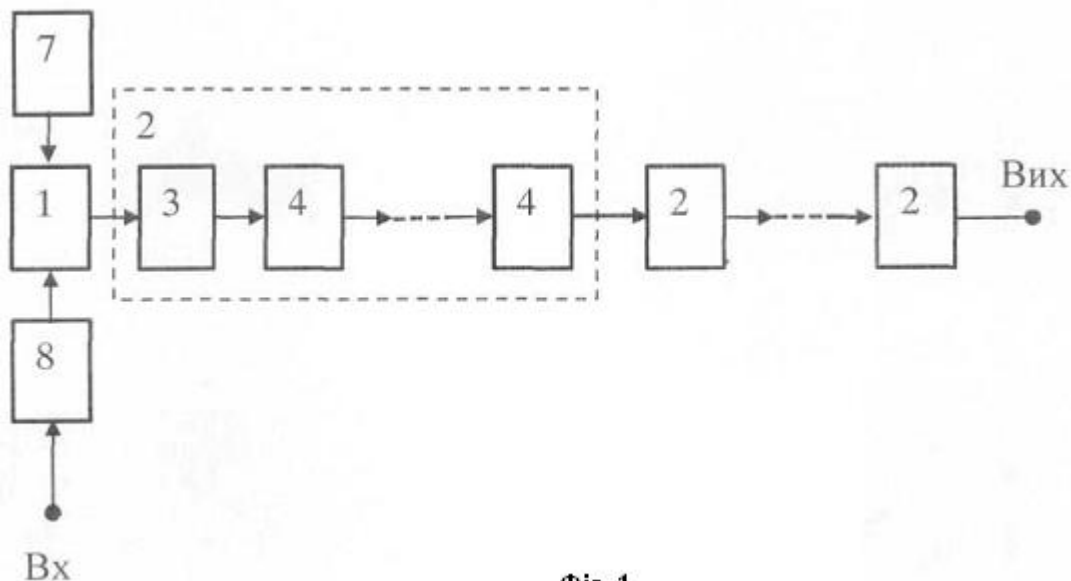
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 12236</b>	(72) Винахідник(и): <b>Туник Володимир Федотович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>21.10.2013</b>	(73) Власник(и): <b>ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В.ЛАЗАРЯНА,</b> вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.03.2014</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.03.2014, Бюл.№ 6</b>	

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТОЧНОГО АНАЛІЗУ СПЕКТРА НИЗЬКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ РЕАЛЬНИМИ ДИСПЕРСІЙНИМИ ЛІНІЯМИ ЗАТРИМКИ

### (57) Реферат:

Пристрій для точного аналізу спектра низькочастотних сигналів реальною дисперсійною лінією затримки (ДЛЗ), який містить послідовно з'єднані джерело напруги вхідного сигналу та реальну базову ДЛЗ, яка містить необхідну кількість базових секцій ДЛЗ від 5-го до 15-го порядку, кожна з яких містить послідовно з'єднані один фазовий контур першого порядку та відповідно від двох до семи фазових контурів другого порядку, причому у цей пристрій на виході базової ДЛЗ уведено другу реальну ДЛЗ, яка має монотонно-нелінійну функцію ГЧЗ і містить каскадно з'єднані оптимальні секції, кожна з яких містить послідовно з'єднані від восьми до тринадцяти однакових фазових контурів першого порядку, значення дійсного кореня полінома Гурвиця яких містить додаткову до базової таблицю, а вхідне джерело напруги містить лінійний частотний модулятор та помножувач сигналів, обидва з яких мають такі параметри, значення яких забезпечує одержання на виході пристрою пряме перетворення Фур'є вхідного сигналу.



Фиг. 1

UA 88648 U



Корисна модель належить до вимірювальної техніки апаратурного аналізу частотного спектра електричних сигналів і призначена для скорочення часу відхилення реальних фізичних об'єктів від нормальної безперервної роботи.

5 Особливе значення у розробки ефективних вимірювальних систем мають різні аналізатори спектра, основним блоком, що аналізує, є дисперсійна лінія затримки (ДЛЗ). Відомі переваги та  
 10 недоліки дисперсійних аналізаторів спектра [Тверской В.И. Дисперсионно-временные методы измерения спектров радиосигналов. - М: "Советское радио", 1974]. Основну увагу при дослідженні дисперсійних аналізаторів спектра лише смугових радіосигналів уділено задачі одержання прямого перетворення Фур'є так названою гіпотетичною - ідеальною ДЛЗ. При цьому достатня точність одержання такого перетворення залежить від попередньої обробки заданого сигналу шляхом лінійної частотної модуляції (ЛЧМ) його з певними умовами [Лободинский Ю. Г., Оноприенко Е. И. Об анализе спектра устройством с дисперсией. "Радиотехника". Т. 21, № 10 1966].

15 Шляхом математичного моделювання в Mathcad при рівномірній апроксимації функції групового часу затримання (ГЧЗ) секцій низькочастотної (НЧ) ДЛЗ на фазових контурах одержана таблиця параметрів та нулів поліномів Гурвиця [Туник В.Ф. Пристрій табульованих секцій дисперсійних ліній затримки нижчих частот на фазових контурах. Патент на корисну модель № 72061. Бюл. №15 від 10.08.2012]. Ця базова таблиця дозволяє використовувати секції ДЛЗ з 5-го до 15-го порядку. Кожна з цих секцій має послідовно з'єднані один фазовий  
 20 контур першого порядку та відповідно від двох до семи фазових контурів другого порядку.

Однак дослідження аналізаторів з реальними базовими секціями ДЛЗ виявили основний їх недолік - негативний вплив функції чебишевського альтернанса, яка входить до функції ГЧЗ, на тонку структуру спектра, наприклад, у вигляді сплеску. При цьому не тільки спотворюється форма цього сплеску, але і фактично припиняється його зміщення.

25 Технічною задачею, яка вирішується корисною моделлю, є задача одержання точного аналізу спектра НЧ сигналів не тільки реальними базовими ДЛЗ, але і реальними ДЛЗ з так названими оптимальними секціями.

Ця задача вирішується пристроєм для точного аналізу спектра НЧ сигналів, який містить послідовно з'єднані джерело напруги вхідного сигналу та реальну базову ДЛЗ, яка містить  
 30 необхідну кількість каскадно з'єднаних базових секцій від 5-го до 15-го порядку, кожна з яких містить послідовно з'єднані один фазовий контур першого порядку та відповідно від двох до семи фазових контурів другого порядку.

Новим є те, що у цей пристрій на виході базової ДЛЗ уведено другу реальну ДЛЗ, яка має монотонно-нелінійну функцію ГЧЗ і містить каскадно з'єднані оптимальні секції, кожна з яких  
 35 містить послідовно з'єднані від восьми до тринадцяти однакових фазових контурів першого порядку, значення дійсного кореня полінома Гурвиця яких містить додаткову до базової таблицю, а вхідне джерело напруги містить лінійний частотний модулятор та помножувач сигналів, обидва з яких мають такі параметри, значення яких забезпечує одержання на виході пристрою пряме перетворення Фур'є вхідного сигналу.

40 На фіг. 1, що додається, наведена структурна електрична схема, яка містить послідовно з'єднані джерело напруги 1 та ДЛЗ, яка містить базові секції 2, кожна з яких містить послідовно з'єднані фазовий контур 3 першого порядку та фазові контури 4 другого порядку. На фіг. 2 наведена структурна електрична схема ДЛЗ з монотонно-нелінійною функцією ГЧЗ.

Ця ДЛЗ містить каскадно з'єднані оптимальні секції 5, кожна з яких містить послідовно  
 45 з'єднані фазові контури 6 першого порядку. До джерела напруги 1 входять ЛЧМ 7 та помножувач 8 сигналів.

Працює запропонований пристрій таким чином.

Електрична напруга заданого сигналу з виходу джерела 1 надходить на вхід базової секції 2  
 50 фіг. 1. Згідно із властивістю будь-якої ДЛЗ на її виході відбувається затримка спектральних складових відповідно з функцією ГЧЗ. Якщо ця функція є лінійною або монотонно-нелінійною, то кожна спектральна складова розташується відповідно на одному певному місці осі відгуку ДЛЗ. Але функція чебишевського альтернанса є коливальною функцією, тому взаємодія (биття) цієї функції з коливальною частиною спектральної функції відгуку ДЛЗ приведе до певних перекручувань. Рівень цих перекручувань характеризується відносною похибкою  $L/t_n$ , де  $L$  -  
 55 амплітуда функції чебишевського альтернанса,  $t_n$  - значення функції ГЧЗ лінії з базовими секціями 2, яке відповідає начальної частоті  $\omega_n = 0$ .

З виходу ДЛЗ фіг. 1 одержана напруга надходить на вхід ДЛЗ з секціями 5 фіг. 2, функція ГЧЗ кожної з яких є монотонно-нелінійною. Значення величини  $t_n$  цієї ДЛЗ збільшується до

максимальної величини  $t_m$ , а відносна похибка  $L/t_n$  зменшується до величини  $L/t_m$  і відповідно збільшується ширина смуги спектральної функції на виході ДЛЗ з секціями 5, тому напрошується бажання будь-якого збільшення значення  $t_m$ .

Найпростіша реалізація ДЛЗ з секціями 5 одержується при використанні певної кількості  $n$  фазових контурів першого порядку. Але дослідження на екстремум показали, що функція  $n(t_m)$  має мінімум при певному значенні величини  $t_m$ . А оскільки значення величини  $n$  може бути лише цілим числом, тому перше більше число від цього мінімального є оптимальним значенням, бо при цьому функція ГЧЗ одержаної ДЛЗ має найбільш лінійний вигляд. Дослідження також показали, що достатню лінійність ця функція ГЧЗ має і при використанні значення величини  $n$  до невеликого цілого числа. Так, для кожної базової секції 5 можна одержати відповідну секцію ДЛЗ, що оптимізує загальну ДЛЗ. При цьому якщо для базової секції 15-го порядку використати  $n = 13$ , а на решту секцій значення  $n$  зменшити на одиницю, то одержимо оптимізуючи секції, які відповідають базовим секціям, і мають кількість  $n$  фазових контурів першого порядку від 8-ми до 13-ти з відповідним значенням дійсного кореня  $a$ , що саме і розміщено у наступній додатковій до базової таблиці:

Таблиця

оптимальних секцій ДЛЗ

Вихідні параметри				Одержані параметри			
Порядок базової секції	$t_n$	$t_b$	$L/t_n$	$\delta$	$n$	$t_m$	$L/t_m$
5	2.4	0.509	0.02	3.592	8	6.85	0.0072
7	3.63	0.577	0.021	3.627	9	8.59	0.0091
9	4.826	0.643	0.021	3.641	10	10.32	0.0097
11	6.0015	0.709	0.02	3.653	11	12.02	0.01
13	7.126	0.801	0.017	3.826	12	13.4	0.009
15	8.45	0.788	0.02	3.376	13	16.15	0.011

Нормована частота  $\omega_a = 10$  рад/с.

У формулі відгуку як ДЛЗ з базовими секціями 2, так і ДЛЗ з оптимальними секціями 5 у формулі прямого перетворення Фур'є з'являється множник  $\exp \tau^2/a$ . Саме для його компенсації джерело 1 модулюється по ЛЧМ закону виду:  $\exp\left(-j\frac{\tau^2}{2a}\right)$ , а для компенсації прояву функції чебишевського альтернанса та нелінійної функції ГЧЗ оптимальних секцій 5 джерело 1 помножується на коефіцієнт  $\exp\left(-j\frac{t_n + \tau_0}{a}\right)$  зі заміною параметра  $\tau_0$  на

$\frac{1}{\omega_0} \int_0^{\omega} \Delta t_3(\Omega) d\Omega$ , де  $\Delta t_3(\omega)$  - функція чебишевського альтернанса, або ця же функція і функція різниці між монотонно-нелінійною функцією ГЧЗ та еквівалентною до неї лінійною функцією ГЧЗ. У результаті цих компенсацій одержується перетворення Фур'є виду:

$$u_2(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a j}} \text{txp} \left[ -j \frac{(t - t_n - \tau_0)^2}{2a} \right] \int_0^T u_1(\tau) \text{txp} \left[ -j \frac{t}{a} \tau \right] d\tau \text{ з частотою } \frac{t}{a}.$$

Отже, запропонований пристрій дійсно є точним аналізатором спектра НЧ сигналів реальною ДЛЗ. Ця ДЛЗ може використовуватися як на базових секціях, так і на спільних секціях з монотонно-нелінійною функцією ГЧЗ  $n$  однакових фазових контурів першого порядку.

Таким чином, віднині пряме перетворення Фур'є можна одержати не тільки в дисперсійних аналізаторах спектра смугових радіосигналів з використанням ідеальної ДЛЗ, але і в аналізаторах спектра НЧ сигналів з використанням саме реальних ДЛЗ.

Оскільки запропонований пристрій має порівняно великі потенційні можливості, то можна надіятись на успішне упровадження його у науку і техніку.

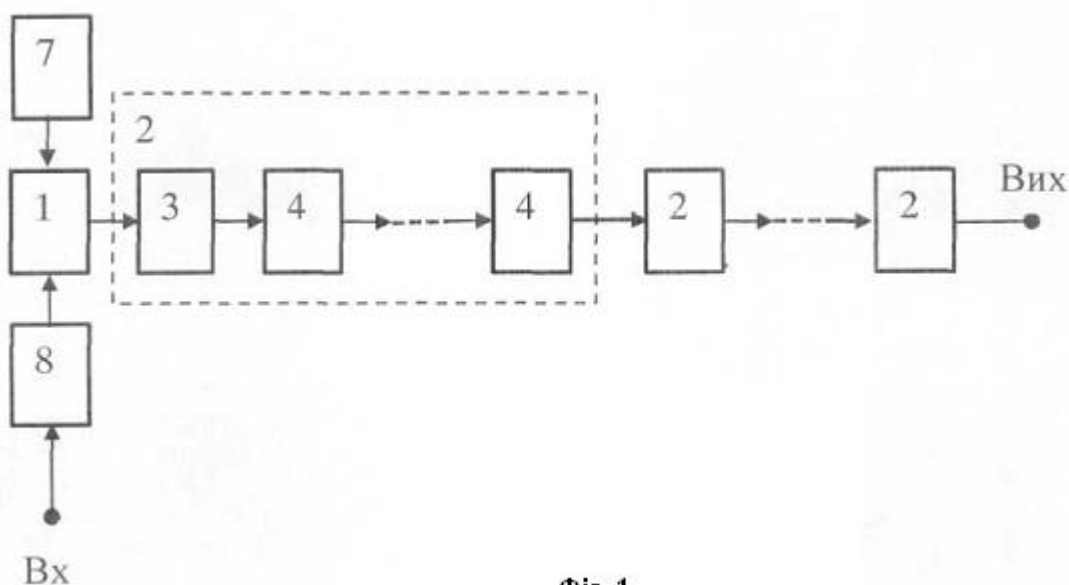
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

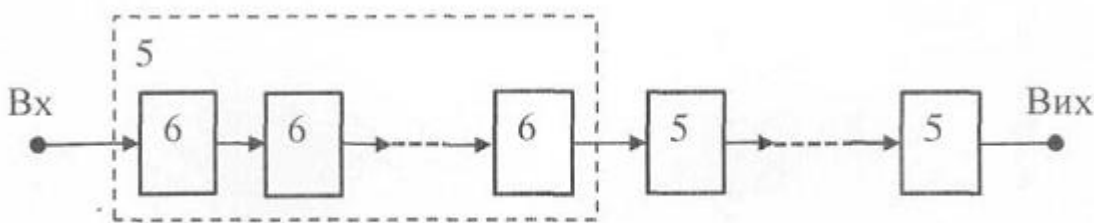
Пристрій для точного аналізу спектра низькочастотних сигналів реальною дисперсійною лінією затримки (ДЛЗ), який містить послідовно з'єднані джерело напруги вхідного сигналу та реальну базову ДЛЗ, яка містить необхідну кількість базових секцій ДЛЗ від 5-го до 15-го порядку, кожна з яких містить послідовно з'єднані один фазовий контур першого порядку та відповідно від двох до семи фазових контурів другого порядку, який **відрізняється** тим, що у цей пристрій на виході базової ДЛЗ уведено другу реальну ДЛЗ, яка має монотонно-нелінійну функцію ГЧЗ і містить каскадно з'єднані оптимальні секції, кожна з яких містить послідовно з'єднані від восьми до тринадцяти однакових фазових контурів першого порядку, значення дійсного кореня полінома Гурвиця яких містить додаткову до базової таблицю, а вхідне джерело напруги містить лінійний частотний модулятор та помножувач сигналів, обидва з яких мають такі параметри, значення яких забезпечує одержання на виході пристрою пряме перетворення Фур'є вхідного сигналу.

10

15



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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