



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **72061** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01R 23/16** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2011 14697</b>	(72) Винахідник(и): <b>Тунік Володимир Федотович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>12.12.2011</b>	(73) Власник(и): <b>ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В.ЛАЗАРЯНА,</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.08.2012</b>	<b>вул. Акад. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна (UA)</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.08.2012, Бюл.№ 15</b>	

## (54) ПРИСТРІЙ ТАБУЛЬОВАНИХ СЕКЦІЙ ДИСПЕРСІЙНИХ ЛІНІЙ ЗАТРИМКИ НИЖЧИХ ЧАСТОТ НА ФАЗОВИХ КОНТУРАХ

### (57) Реферат:

Пристрій табульованих секцій дисперсійних ліній затримки нижчих частот на фазових контурах належить до вимірювальної техніки апаратного аналізу частотного спектра електричних сигналів.

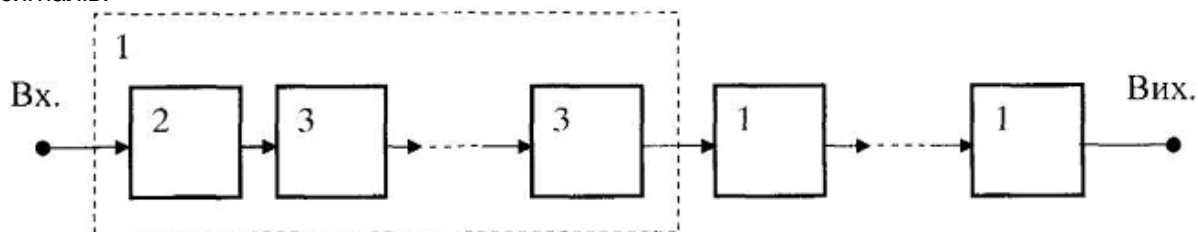


Fig. 1

UA 72061 U



Корисна модель належить до вимірювальної техніки апаратурного аналізу частотного спектра електричних сигналів.

За аналогією поняття частотних фільтрів, на відміну від смугових сигналів, низькочастотними називають, як відомо, такі сигнали, основна смуга спектральних частот яких зосереджена достатньо близько до початку координат і може мати також і нульову частоту. Відома велика кількість прикладів досить корисного використання результатів спектрального аналізу низькочастотних сигналів [Кадук Б.Г., Круковський-Синевич, Садовський В.В. Спектральний аналіз із стисненням масштабу часу. - К.: Техніка, 1968].

Особливе значення у розробці ефективних вимірювальних систем мають різні аналізатори спектра, основним блоком яких є дисперсійна лінія затримки (ДЛЗ). Особливість дисперсійних аналізаторів обумовлено перш за все тим, що результати аналізу одержують у значно більш універсальному часовому просторі, ніж у частотному. Відомі і інші практично більш значні переваги дисперсійних аналізаторів спектра лише вузькосмугових сигналів кінцевої довжини [Тверской В.И. Дисперсионно-временные методы измерения спектров радиосигналов. - М.: Советское радио, 1974].

Однак ДЛЗ відомих дисперсійних аналізаторів в основному, як відомо, мають недостатню частотну смугу пропускання, необхідне розширення якої фактично унеможливорює реалізацію ДЛЗ на фазових контурах. Для низькочастотних же сигналів адекватними повинні бути лише ДЛЗ нижніх частот зі зменшеною кількістю фазових контурів.

Для реалізації будь-якої ДЛЗ на фазових контурах необхідно мати передаточну функцію кожного з цих контурів. Як відомо, коефіцієнти передаточних функцій ДЛЗ залежать від вибору відповідних поліномів Гурвиця. При цьому, в залежності від вибраного критерію близькості функції групового часу затримки (ГЧЗ) секції ДЛЗ до лінійної функції ГЧЗ або функції фазочастотної характеристики (ФЧХ) - до параболічної функції частоти, одержують різні типи передаточних функцій у вигляді таблиць основних параметрів і нулів поліномів Гурвиця.

Найбільш близьким аналогом до технічного рішення, що заявляється, є лише смугові ДЛЗ, відомі таблиці яких представляють секції як для функції ГЧЗ, так і для функції ФЧХ на інтервалі нормування від нижньої граничної частоти  $\omega_n=1$  до верхньої граничної частоти  $\omega_b=2$ . У залежності від значення потрібного коефіцієнта дисперсії ці ДЛЗ, згідно із порядком розрахунку, повинні мати від однієї до шести секцій, кожна з яких має від двох до шести фазових контурів лише другого порядку [Авраменко В.Л., Галямичев Ю.П., Ланнэ А.А. Электрические линии задержки и фазовращатели. Справочник. / Под ред. А.Ф. Белецкого - М.: Связь, 1972]. Але для низькочастотних сигналів як таблиці, так, безумовно, і кількість секцій та фазових контурів ДЛЗ повинні бути іншими.

Технічною задачею, яка вирішується корисною моделлю, є задача одержання таблиці функції ГЧЗ секцій ДЛЗ на фазових контурах та на інтервалі нормування від нижньої граничної частоти  $\omega_n=0$  до верхньої граничної частоти  $\omega_b=10$  графоаналітичним методом локалізації екстремумів та вирівнювання в Mathcad екстремумів функції  $t(\omega)$  ГЧЗ, що апроксимує лінійну апроксимуючу функцію ГЧЗ  $T(\omega)$ .

Ця задача вирішується пристроєм табульованих секцій дисперсійних ліній затримки (ДЛЗ) нижчих частот на фазових контурах, який містить від однієї до чотирьох каскадно з'єднаних секцій різного порядку, кожна з яких має від двох до семи фазових контурів другого порядку.

Новим є те, що секції ДЛЗ мають однаковий порядок, у кожному з яких уведено один фазовий контур першого порядку, а основні параметри та нулі поліномів Гурвиця цих секцій визначаються за новою таблицею, яка містить секції нижчих частот 5, 7, 9, 11, 13 і 15 порядку, основні параметри кожної з яких одержані окремим новим Mathcad-документом.

На фіг. 1 наведена структурна електрична схема ДЛЗ, яка містить послідовно з'єднані секції 1 однакового порядку, кожна з яких містить також послідовно з'єднані фазовий контур першого порядку 2 і декілька фазових контурів другого порядку 3.

Працює запропонований пристрій таким чином:

На відміну від відомих дисперсійних аналізаторів, аналізований сигнал інформації, наприклад про функціонування реального фізичного об'єкта, надходить безпосередньо на вхід ДЛЗ фіг. 1. Для того, щоб на виході ДЛЗ одержаний графік спектральної функції в основному увесь розташувався на осі часу, необхідно попередньо знати ширину ефективного спектра аналізованого сигналу, бо саме під цю ширину необхідно підбирати робочу смугу  $\Delta\omega=\omega_b-\omega_n$  секцій ДЛЗ за частотою, а для одержання потрібного рівня функції спектра необхідно перепад  $t_n-t_b$  функції ГЧЗ мати відповідної величини. Отже, при побудові аналізатора спектра необхідно в залежності від величин амплітудно-частотних параметрів спектра аналізованого сигналу вибирати відповідного значення коефіцієнт дисперсії ДЛЗ аналізатора. Саме для цього необхідно мати таблицю основних параметрів та нулів поліномів Гурвиця по можливості з

більшою кількістю табульованих секцій ДЛЗ. При цьому для побудови саме ДЛЗ фіг. 1 із цих секцій краще використовувати коефіцієнт  $m$  відповідного Mathcad-документа, складеного за зразком Mathcad-документа, що приведено у додатку. Цей Mathcad-документ не тільки пояснює принцип складання потрібної таблиці на прикладі секції ДЛЗ дев'ятого порядку, яка містить один фазовий контур першого порядку 2 та чотири фазових контурів другого порядку 3 фіг. 1, але і основні параметри ДЛЗ, у яку входять декілька секцій 1 однакового порядку  $n$ .

Складання потрібної таблиці можливо у два основних з етапів: локалізації екстремумів та вирівнювання в Mathcad максимумів функції ГЧЗ  $t(\omega)$ , що апроксимує лінійну функцію ГЧЗ  $T(\omega)$ . При цьому можна одержувати таблицю секцій ДЛЗ, які мають фазові контури лише другого порядку або фазові контури першого та другого порядку. Але, оскільки робоча ділянка функції ГЧЗ фазових контурів першого порядку є монотонною функцією, то ефективний спектр на певному інтервалі осі часу розподіляється однозначно. Значить, фазові контури другого порядку призначені лише для коректування функції ГЧЗ контуру першого порядку до одержання приблизно лінійної функції ГЧЗ. Отже, цілком логічно стверджувати, що необхідно використовувати лише другий із відмічених варіантів реалізації секцій ДЛЗ.

Зміною у певному порядку границь суми аналітичного виразу функції  $t(\omega)$  та значень параметрів  $\sigma_0$ ,  $\sigma$ ,  $\Omega$  векторів-стовпців Mathcad-документа на площині його фіг. 2 будуть з'являтися графіки відповідних функцій ГЧЗ та їх максимуми і мінімуми. Наприклад, якщо нижня та верхня границі суми встановити однакового значення, то на фіг. 2 одержимо графік функції ГЧЗ лише одного із фазових контурів, якщо ж ці границі відрізняються на одиницю, то на фіг. 2 одержимо графік функції ГЧЗ двох сусідніх фазових контурів. А якщо ці границі відрізняються більше чим на два, то на фіг. 2 одержимо графік функції ГЧЗ більше двох сусідніх фазових контурів. Так, можна одержати на фіг. 2 графік функції ГЧЗ усіх фазових контурів розглядуваної секції ДЛЗ. Але значення максимумів та мінімумів одержаної функції ГЧЗ можуть значно відрізнятися. Головне при цьому, щоб кількість екстремумів рівнялося порядку  $n$  секції ДЛЗ, в даному прикладі - дев'яти. У такому випадку можна вважати закінченою локалізацію екстремумів.

Для вирівнювання екстремумів краще використовувати фіг. 3 Mathcad-документа, на якому при присвоюванні певного значення параметру  $\Delta M$  одержується збільшення взаємної нерівності максимумів. Лише при повторенні цього процесу одержується достатня точність вирівнювання максимумів функції  $t(\omega)$ . На фіг. 3 Mathcad-документа показано зразок достатньо точного результату і, як наслідок, на фіг. 4 - чебишевський альтернанс, який має граничні мінімальні значення  $+L$  і  $-L$ , що переважаються за знаком.

Одержані таким чином результати зведені у таблицю. За результатами цієї таблиці, використовуючи як зразок Mathcad-документ (додаток), можна одержати подібний Mathcad-документ на будь-яку із секцій ДЛЗ цієї таблиці. При цьому в залежності від потрібної спектральної смуги аналізуючого сигналу, якщо немає близької до цієї смуги табличної секції ДЛЗ, то можна використовувати каскадне з'єднання відповідних однакових за порядком  $n$  секцій ДЛЗ запропонованої таблиці. Однаковими за порядком секції повинні бути тому, що лише у цьому випадку зберігається характерний чебишевський альтернанс, а коефіцієнт масштабування  $m$ , що входить у вираз функції ГЧЗ  $t(\omega)$ , повинен дорівнюватись кількості використаних секцій. При цьому на графіках Mathcad-документа одержимо потрібного значення смуги частот.

Таким чином, в залежності від умов конкретної технічної задачі дисперсійного аналізу низькочастотних сигналів інформації, наприклад про функціонування реальних фізичних об'єктів, можна одержати адекватні ДЛЗ нижніх частот на фазових контурах при значному спрощенні реалізації конкретного аналізатора. Саме це і передбачає практичну корисність упровадження його у науку та техніку.

Таблиця

Параметри та нулі поліномів Гурвиця секцій ДЛЗ при апроксимації функцій ГЧЗ

Порядок секції	Коефіцієнт дисперсії $D$	Відносна погрішність $L/t_n$	Початкова ордината $t_n$	Нулі поліномів Гурвиця	
				$\sigma_0$	$\Lambda_{1,2}$
5	3,01	0,02	2,4	-3,3322	-3,5608 $\pm j1,935$
7	4,86	0,021	3,63	-2,9775	-1,94175 $\pm j1,0319$
9	6,658	0,021	4,826	-2,6341	-1,3462 $\pm j0,7602$
11	8,423	0,02	6,0015	-2,5132	-1,022 $\pm j0,5882$
13	10,067	0,017	7,126	-2,2564	-0,8831 $\pm j0,4902$

Продовження таблиці

Порядок секції	Коефіцієнт дисперсії D	Відносна погрішність $L/t_n$	Початкова ордината $t_n$	Нулі поліномів Гурвиця	
				$\sigma_0$	$\Lambda_{1,2}$
15	12,194	0,02	8,45	-2,225	-0,6689 $\pm j0,4135$

Нормований інтервал частоти  $0 \div 10$

Продовження таблиці						
Нулі поліномів Гурвиця						
Порядок секції	$\Lambda_{3,4}$	$\Lambda_{5,6}$	$\Lambda_{7,8}$	$\Lambda_{9,10}$	$\Lambda_{11,12}$	$\Lambda_{13,14}$
5	-3,0567 $\pm j5,8164$					
7	-1,7827 $\pm j$ 3,6818	-2,1669 $\pm j6,6595$				
9	-1,2767 $\pm j2,6668$	-1,4107 $\pm j4,65706$	-1,7847 $\pm j7,1216$			
11	-1,0034 $\pm j2,0543$	-1,0645 $\pm j3,557$	-1,2182 $\pm j5,262$	-1,5601 $\pm j7,4274$		
13	-0,8623 $\pm j1,6942$	-0,89345 $\pm j2,9066$	-0,9767+ $j4,2225$	-1,1322 $\pm j5,7507$	-1,4566 $\pm j7,7069$	
15	-0,6736 $\pm j1,3877$	-0,694 $\pm$ $j2,3824$	-0,7395 $\pm j3,4392$	-0,8173 $\pm j4,6143$	-0,9512 $\pm j5,996$	-1,2294 $\pm j7,7856$

Нормований інтервал частоти  $0 \div 10$

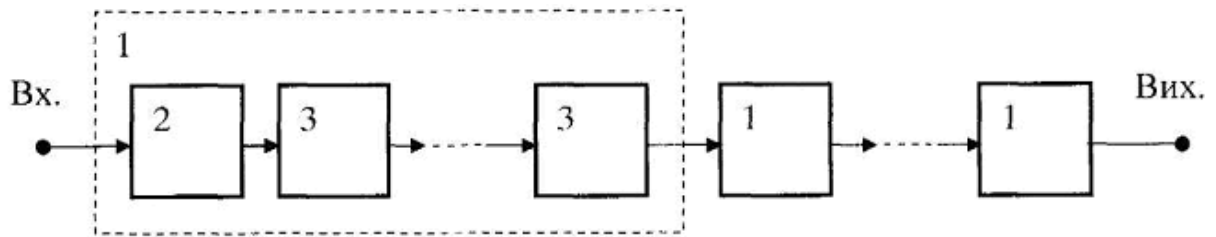
Приведені Mathcad-документ та таблиця містять наступні позначення:

- 5 n - порядок секції ДЛЗ.  
m - коефіцієнт масштабування функції ГЧЗ.  
 $\sigma$  - вектор-стовпець дійсної складової комплексних коренів полінома Гурвиця для фазових контурів другого порядку.  
 $\sigma_0$  - корінь поліному Гурвиця фазового контуру першого порядку.
- 10  $\Omega$  - уявна складова комплексних коренів полінома Гурвиця для фазових контурів другого порядку.  
 $T(\omega)$  - лінійна апроксимуюча функція ГЧЗ.  
 $t(\omega)$  - функція ГЧЗ, що апроксимує функцію  $T(\omega)$ .  
 $t_n$  - значення лінійної функції ГЧЗ  $T(\omega)$ , яке відповідає частоті  $\omega_n$ , тобто - початкова ордината цієї функції.
- 15  $t_b$  - значення лінійної функції ГЧЗ  $T(\omega)$ , яке відповідає частоті  $\omega_b$ , тобто - кінцева ордината цієї функції.  
 $t_n - t_b$  - перепад лінійної функції ГЧЗ  $T(\omega)$ , що визначає рівень проаналізованого спектра, який розташовано на осі часу.
- 20  $\Delta t(\omega)$  - відхилення функції  $t(CQ)$  від лінійної функції  $T(\omega)$ .  
 $M(\omega)$  - модуль (максимуми) цього відхилення.  
 $\Delta M$  - значення модуля відхилення, що виділяє лише вершини максимумів. Значить збільшує ефект їх нерівності.  
 $L$  - мінімальне значення вирівняних максимумів цього відхилення.
- 25 D - коефіцієнт дисперсії секцій ДЛЗ.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

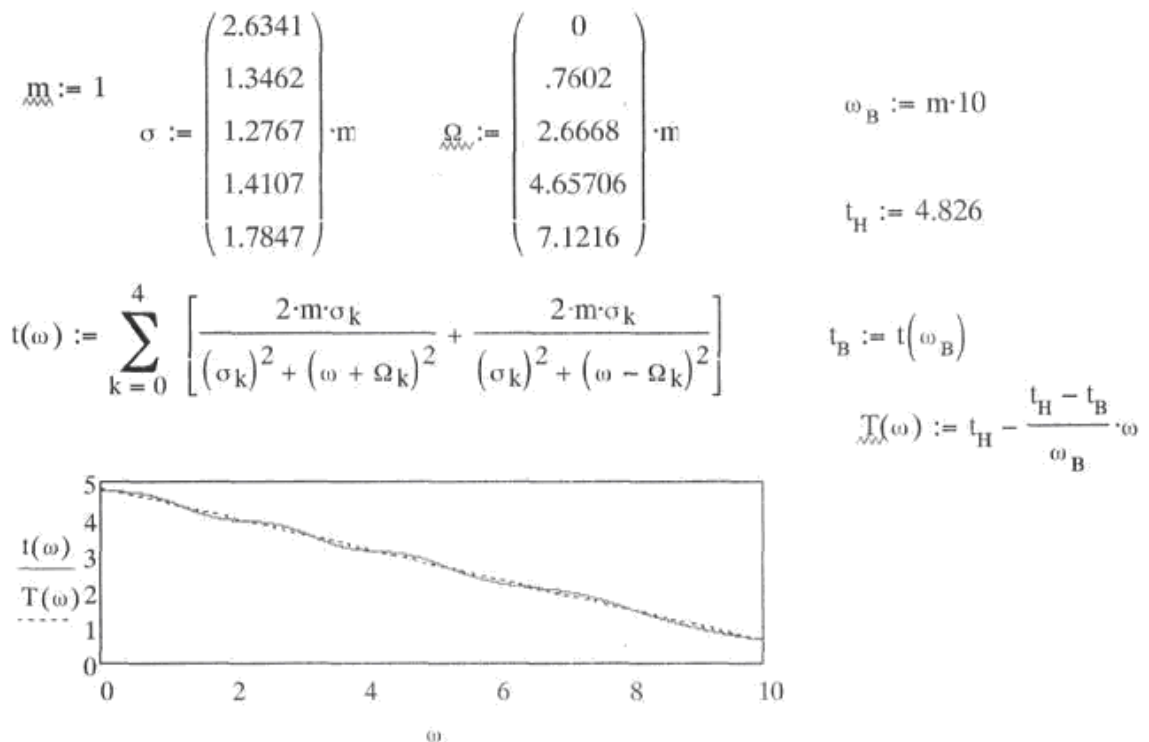
- 30 Пристрій табульованих секцій дисперсійних ліній затримки нижчих частот на фазових контурах, який містить від однієї до чотирьох каскадно з'єднаних секцій різного порядку, кожна з яких має від двох до семи фазових контурів другого порядку, який **відрізняється** тим, що секції дисперсійних ліній затримки мають однаковий порядок, у кожному з яких уведено один фазовий контур першого порядку, а основні параметри та нулі поліномів Гурвиця цих секцій

визначаються за новою таблицею, яка містить секції нижчих частот 5, 7, 9, 11, 13 і 15 порядку, основні параметри кожної з яких одержані окремим новим Mathcad-документом.

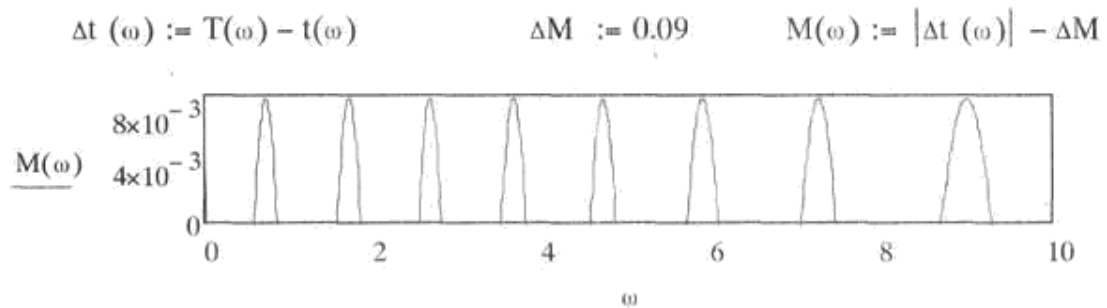


Фиг. 1

Додаток: Mathcad-документ



Фиг. 2



Фиг. 3

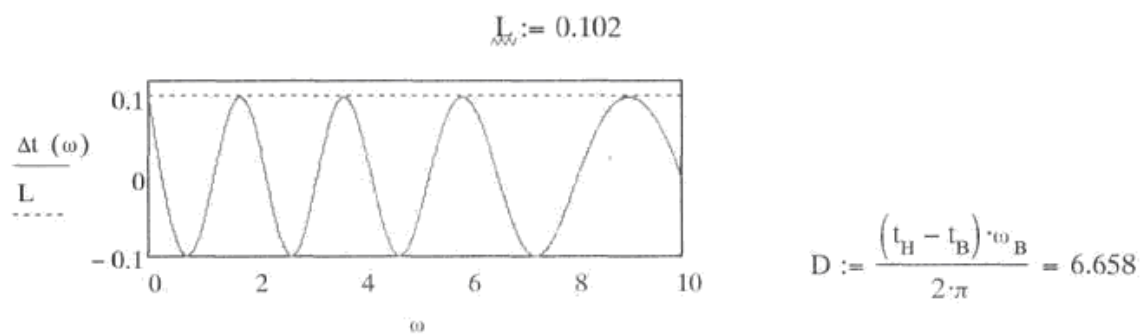


Fig. 4

---

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