



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **86668** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
H03L 9/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

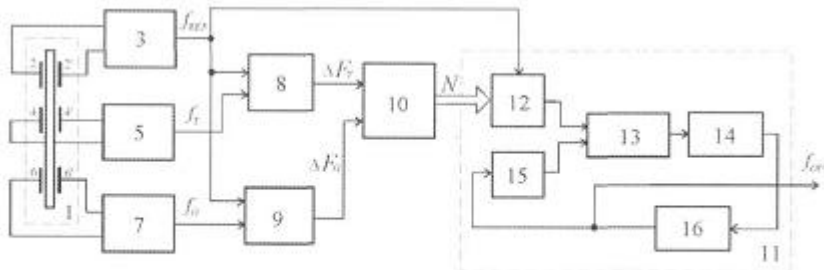
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 07653	(72) Винахідник(и): Підченко Сергій Константинович (UA), Таранчук Алла Анатоліївна (UA), Стецюк Віктор Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 17.06.2013	(73) Власник(и): ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.01.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2014, Бюл.№ 1	

(54) ПРИСТРІЙ ГЕНЕРУВАННЯ

(57) Реферат:

Пристрій генерування сигналів містить багаточастотний кварцовий резонатор, перший кварцовий генератор для формування коливань опорної моди, активна частина якого підключена до першої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора, другий кварцовий генератор для формування коливань термочутливої моди, активна частина якого підключена до другої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора, змішувач для виділення різницевої частоти опорної та термочутливої мод коливань, схему формування сигналу компенсації на основі сигналу різницевої частоти. Виходи першого та другого кварцових генераторів підключені до входів змішувача. Вихід змішувача підключений до входу схеми формування сигналу компенсації. Синтезатор прямого синтезу для формування коливання опорної частоти в схемі перенесення спектру коливань на базі системи фазового автопідстроювання частоти. Вихідний сигнал схеми компенсації використовується як сигнал налаштування синтезатора прямого синтезу. Вихід схеми перенесення спектру коливань є виходом пристрою генерування сигналів. Пристрій містить третю пару електродів багаточастотного кварцового резонатора, третій кварцовий генератор для формування коливань віброчутливої моди, активна частина якого підключена до третьої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора, другий змішувач для виділення різницевої частоти опорної та віброчутливої мод коливань. Виходи першого та третього кварцових генераторів підключені до входів другого змішувача. Вихід другого змішувача підключений до другого входу схеми формування сигналу компенсації. Вихід першого генератора формування опорної моди коливань підключений до входу тактування цифрового синтезатора частоти прямого синтезу.



Фіг. 1

UA 86668 U

Корисна модель належить до пристроїв генерування та формування сигналів, зокрема до високостабільних джерел опорних коливань на основі цифрового синтезу частоти з колами термо- та віброкомпенсації і автоматичного підстроювання, і може бути використаний в області цифрового радіозв'язку, радіомовлення та телебачення, радіолокації, радіонавігації та вимірювальної техніки.

Відомий пристрій генерування [1], який містить активну триточкову частину на біполярному транзисторі, двочастотний кварцовий резонатор, включений між базою та колектором транзистора та пасивний фільтр для виділення різницевої частоти, включений між базою та емітером транзистора. Недоліками даного пристрою є низька стійкість багаточастотного режиму коливань та наявність лише часткової компенсації температурної та вібраційної нестабільності тільки для низькочастотного коливання різницевої частоти, що значно знижує точності характеристики пристрою та обмежує його функціональні можливості.

Також відомий пристрій генерування [2], який містить опорний двочастотний кварцовий генератор, який збуджується на двох частотах f_1 , та f_3 , першої та третьої механічних гармонік кварцового резонатора, перший дільник частоти на три, другий дільник частоти з коефіцієнтом n_T , змішувач, на виході якого виділяється сигнал різницевої частоти $\Delta f = f_1 - f_3 / 3$, лічильник імпульсів для формування температурно-залежного цифрового коду $N(T)$, мікроконтролер для формування на основі коду $N(T)$ спеціального коду керування $M(T)$ та цифровий синтезатор частоти прямого синтезу, програмною зміною частоти якого на основі коду керування $M(T)$ проводиться компенсація температурної нестабільності опорної частоти f_3 , причому вихід цифрового синтезатора частоти є виходом пристрою генерування.

Недоліком даного пристрою є відсутність компенсації вібраційної нестабільності частоти, що знижує точності характеристики пристрою в умовах зовнішніх вібромеханічних навантажень. Окрім цього, використання синтезатора частоти прямого синтезу для формування вихідного сигналу значно погіршує його спектральний склад та обмежує частотний діапазон пристрою.

Найбільш близьким до запропонованого пристрою (пристрій-прототип) є пристрій генерування [3], який містить багаточастотний кварцовий резонатор з двома парами електродів для збудження коливань опорної та термочутливої мод, схему виділення різницевої частоти, схему формування сигналу компенсації, синтезатор прямого синтезу для формування коливань опорної частоти в схемі перенесення спектру коливань на базі системи фазового автопідстроювання частоти, причому вихідний сигнал схеми компенсації використовується в якості сигналу налаштування синтезатора прямого синтезу, а вихід схеми перенесення спектру коливань є виходом пристрою генерування сигналів.

Недоліком даного пристрою є також відсутність компенсації вібраційної нестабільності частоти, що знижує точності характеристики пристрою в умовах зовнішніх вібромеханічних навантажень.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення стабільності частоти вихідного сигналу пристрою генерування.

Для досягнення поставленої задачі пропонується пристрій генерування сигналів (фіг. 1), який містить багаточастотний кварцовий резонатор 1, перший кварцовий генератор 3 для формування коливань опорної моди f_{REF} , активна частина якого підключена до першої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора 2-2', другий кварцовий генератор 5 для формування коливань термочутливої моди f_T , активна частина якого підключена до другої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора 4-4', третій кварцовий генератор 7 для формування коливань вібромочутливої моди f_G , активна частина якого підключена до третьої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора 6-6', перший змішувач 8 для виділення різницевої частоти опорної та термочутливої мод коливань ΔF_T , другий змішувач 9 для виділення різницевої частоти опорної та вібромочутливої мод коливань ΔF_G , схему формування сигналу компенсації 10 на основі сигналів різницевих частот, цифровий синтезатор прямого синтезу 12 для формування коливань опорної частоти та схему перенесення спектру коливань 11 на базі системи фазового автопідстроювання частоти, яка складається фазового детектора 13, фільтра низької частоти 14, дільника частоти 15 та генератора керованого напругою 16.

Пристрій генерування працює наступним чином.

Багаточастотний кварцовий резонатор (КР) 1 має три пари електродів, одна пара із яких 2-2' використовується для збудження коливальної опорної моди, друга пара електродів 4-4' використовується для збудження термочутливої моди, а третя пара електродів 6-6' для збудження віброчутливої моди, причому три пари електродів знаходяться на одній п'єзопластині, що мінімізує градієнтні та динамічні похибки, викликані факторами впливу, зокрема температури та вібрації. Багаточастотне збудження п'єзоколивальної системи (ПКС) необхідне для суміщення функції стабілізації частоти з вимірювальною функцією, що забезпечує одночасну ідентифікацію факторів впливу (температури, вібрації) і дозволяє трактувати ПКС як багатомірний об'єкт, в моделі якого явно фігурують контрольовані збурення: \hat{e}_i

$$y_i(p) = y_{\zeta_i}(p) + \Delta y_{\hat{e}_i}(p) + \Delta y_{i\hat{e}_i}(p) = W_{ii}(p)x_{\zeta_i}(p) + \sum_{j=1, j \neq i}^m W_{ij}(p)x_{\zeta_j}(p) + \sum_{k=1}^n A_{ik}(p)x_{\hat{e}_k}(p) + \Delta y_{i\hat{e}_i}(p) \quad (1)$$

де $X_{\zeta}(p) = \{x_{\zeta_j}\}_{j=1}^m$ - вектор заданого керування; $X_{\hat{e}}(p) = \{x_{\hat{e}_k}\}_{k=1}^n$ - вектор контрольованого збурення; $W(p)$, $A(p)$ - передатні функції каналів керування і каналів збурення відповідно; $\Delta y_{i\hat{e}_i}(p)$ додатковий рух за рахунок неконтрольованих збурень [4].

Залежності частот КР від температури T та вібраційного прискорення G представляються як:

$$f_{REF} = f_{REF}^0 + \alpha_{1T}T + \alpha_{1G}G \quad (2)$$

$$f_T = f_T^0 + \alpha_{2T}T + \alpha_{2G}G \quad (3)$$

$$f_G = f_G^0 + \alpha_{3T}T + \alpha_{3G}G \quad (4)$$

Де f_{REF}^0 , f_T^0 , f_G^0 - номінальні значення частот; α_{1T} , α_{2T} , α_{3T} - коефіцієнти термочутливості; α_{1G} , α_{2G} , α_{3G} - коефіцієнти віброчутливості.

На виході змішувачів 8 і 9 виділяються коливання різницевої частоти:

$$F_T = f_T - f_{REF} = (f_T^0 - f_{REF}^0) + \alpha_1^*T + \alpha_2^*G = F_T^0 + \Delta F_T \quad (5)$$

$$F_G = f_G - f_{REF} = (f_G^0 - f_{REF}^0) + \alpha_3^*T + \alpha_4^*G = F_G^0 + \Delta F_G \quad (6)$$

де $\alpha_1^* = (\alpha_{2T} - \alpha_{1T})$, $\alpha_2^* = (\alpha_{2G} - \alpha_{1G})$, $\alpha_3^* = (\alpha_{3T} - \alpha_{1T})$, $\alpha_4^* = (\alpha_{3G} - \alpha_{1G})$ - різницеві коефіцієнти.

Розв'язуючи сумісно (5) та (6) отримуємо можливість одночасної ідентифікації температури T та вібраційного прискорення G :

$$T = \frac{\alpha_4^* \Delta F_T - \alpha_2^* \Delta F_G}{\alpha_1^* \alpha_4^* - \alpha_2^* \alpha_3^*}; \quad G = \frac{\alpha_1^* \Delta F_G - \alpha_3^* \Delta F_T}{\alpha_1^* \alpha_4^* - \alpha_2^* \alpha_3^*} \quad (7)$$

На фіг. 2, 3 приведені сумарні часові залежності зсувів частот $\Delta f_{\Sigma} / f_0$ п'єзоколивальної системи за умови зміни теплового режиму кварцового резонатора (стрибокподібної зміни потужності збудження на рівні $P_{36}=100$ мкВт, $P_{36}=500$ мкВт) та вібраційного прискорення (на рівні 5g). Для більшої деталізації залежностей використані додаткові вікна з "розтягненим" масштабом. Основний вклад в динаміку варіацій частоти коливальних вносить саморозігрів кварцового резонатора, при цьому термодинамічна складова нестабільності КР може перевищувати значення $(0,5 \dots 1) \cdot 10^{-5}$. В той же час вібраційна нестабільність на даному етапі встановлення коливальних на один-два порядки менше (фіг. 2, ВІКНО 1). Після встановлення теплового балансу кварцового резонатора для $t > (80 \dots 100)$ с динаміка частотних зсувів визначається в основному вібродинамічною складовою (фіг. 2, ВІКНО 2).

Аналогічний характер залежностей спостерігається і для третьої гармонічної складової коливань кварцового резонатора (фіг. 3, ВІКНО 1, ВІКНО 2), що обумовлено локалізацією механічних коливань резонатора в одному об'ємі і підтверджує високу кореляційну залежність між коливаннями першої і третьої механічної гармоніки КР. Термо- і вібродинамічна складові нестабільності частоти КР у вигляді різницевої залежностей зображені на фіг. 4. Видно, що для різницевої складової δf_{dif} через високу кореляцію зсувів частот коливань f_1 , f_3 , спостерігається різке скорочення процесу встановлення частоти різницевого коливання f_{dif} (приблизно на порядок) з одночасним зменшенням вібродинамічної нестабільності до величини $(0,3...0,5) \cdot 10^{-8}$ (фіг. 4, ВІКНО 2).

На основі частот різницевої коливань ΔF_T (5), ΔF_G (6) схемою формування сигналу компенсації 10 здійснюється поточна ідентифікація теплових та вібраційних впливів на кварцовий резонатор у відповідності до (7) та формування коректуючого коду $N(T,G)$ для цифрового синтезатора прямого синтезу 12 у відповідності до (2).

Схема перенесення спектру коливань 11 складається із фазового детектора 13, фільтра низьких частот 14, генератора керованого напругою 16 та дільника частоти 15 і являє собою систему фазового автоматичного підлаштування частоти (ФАПЧ). На вхід системи ФАПЧ (на перший вхід фазового детектора 13) подається термовіброкомпенсоване коливання опорної частоти f'_{out} з виходу синтезатора прямого синтезу 12, а на другий вхід фазового детектора 13 коливання f_{out} з генератора керованого напругою 16 через дільник частоти 15. На виході фазового детектора 13 формується сигнал помилки пропорційний різниці фаз сигналів на його входах, який після корекції за допомогою фільтра нижніх частот 14, що визначає динамічні властивості системи ФАПЧ, використовується для керування частотою генератора керованого напругою 16. Отже, частота вихідного сигналу пристрою генерування буде дорівнювати $f_{out} = n \cdot f'_{out}$, де n - коефіцієнт ділення дільника частоти 15.

Запропонований пристрій генерування забезпечує більш високу стабільність частоти вихідних коливань (більше, ніж в п'ять разів, в залежності від типу резонатора) за рахунок компенсації вібродинамічної складової нестабільності кварцового резонатора в багаточастотному режимі збудження з поточною ідентифікацією теплових та вібраційних дестабілізуючих впливів.

Джерела інформації:

1. А. с. 1086550 СССР, МКИ Н 03 В5/32. Частотно-модулированный кварцевый генератор / В. Я. Баржин, А. А. Зеленский, В. Ф. Солодовник и др. № 3283123/18-09; заявл. 23.04.81; опубл. 7.07.83; Бюл. № 17.

2. V. Stofanik. An improvement in the temperature-compensated DDS / V. Stofanik, I. Balaz, M. Minarik // Proc. of the 2001 IEEE/EIA International Frequency Control Symposium. - P. 662 664.

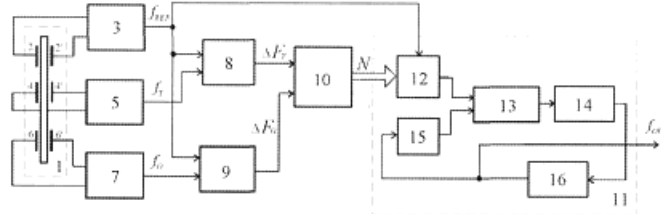
3. Patent 0194277 Unites States, IPK H03L 9/00. Oscillation Device / Kazuo Akaike, Sayama-shi (JP), Kaoru Kobayashi, Sayama-shi (JP). Nihon Dempa Kogyo i Shibuya-ku Corporation, Japan № 13/353942; Filed Jan. 19, 2012; Date of Patent Jan. 28, 2011 22 p.

4. Теорія і реалізаційні основи інваріантних п'єзорезонансних коливальних систем / Ф. Ф. Колпаков, С. К. Підченко. - Харків: Нац. аерокосм. ун-т "Харьк. авіац. ін-т", 2011.-327 с.

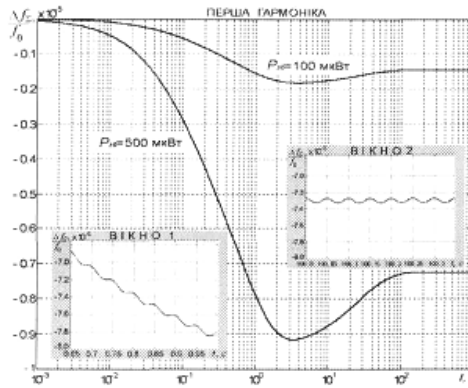
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій генерування сигналів, який містить багаточастотний кварцовий резонатор, перший кварцовий генератор для формування коливань опорної моди, активна частина якого підключена до першої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора, другий кварцовий генератор для формування коливань термочутливої моди, активна частина якого підключена до другої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора, змішувач для виділення різницевої частоти опорної та термочутливої мод коливань, схему формування сигналу компенсації на основі сигналу різницевої частоти, причому виходи першого та другого кварцових генераторів підключені до входів змішувача, а вихід змішувача підключений до входу схеми формування сигналу компенсації, синтезатор прямого синтезу для формування коливання опорної частоти в схемі перенесення спектру коливань на базі системи фазового автопідстроювання частоти, причому вихідний сигнал схеми компенсації використовується в якості сигналу налаштування синтезатора прямого синтезу, а вихід схеми перенесення спектру коливань є виходом пристрою генерування сигналів, який **відрізняється** тим, що додатково

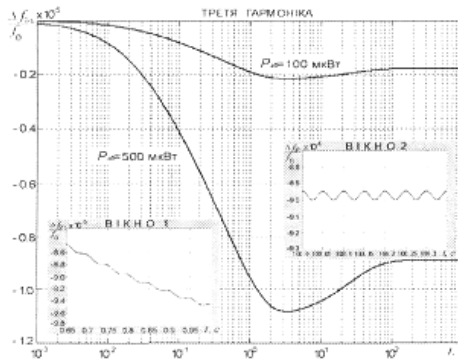
5 введені третя пара електродів багаточастотного кварцового резонатора, третій кварцовий генератор для формування коливань віброчутливої моди, активна частина якого підключена до третьої пари електродів багаточастотного кварцового резонатора, другий змішувач для виділення різницевої частоти опорної та віброчутливої мод коливань, причому виходи першого та третього кварцових генераторів підключені до входів другого змішувача, вихід другого змішувача підключений до другого входу схеми формування сигналу компенсації, а вихід першого генератора формування опорної моди коливань підключений до входу тактування цифрового синтезатора частоти прямого синтезу.



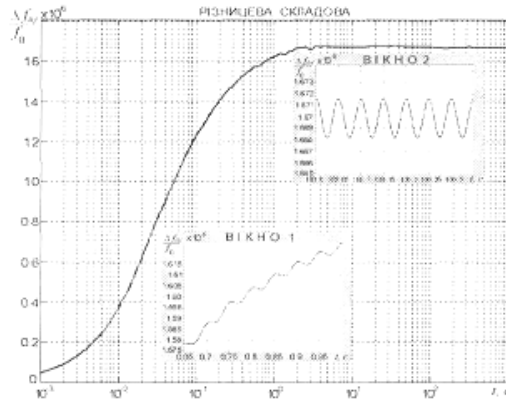
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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