

УКРАЇНА

UKRAINE



# ПАТЕНТ

НА ВІНАХІД

№ 94332

**МАГНІТООПТИЧНИЙ СПОСІБ ЗСУВУ ФАЗИ  
ЕЛЕКТРИЧНОГО СИГНАЛУ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 26.04.2011.

Голова Державної служби  
інтелектуальної власності

М.В. Паладій







УКРАЇНА

(19) UA (11) 94332 (13) C2

(51) МПК  
G02F 1/01 (2006.01)  
H03H 11/16 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) МАГНІТООПТИЧНИЙ СПОСІБ ЗСУВУ ФАЗИ ЕЛЕКТРИЧНОГО СИГНАЛУ

1

2

(21) а200912856

(22) 11.12.2009

(24) 26.04.2011

(46) 26.04.2011, Бюл.№ 8, 2011 р.

(72) СКРИПЕЦЬ АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ТРОНЬКО ВОЛОДИМИР ДМИТРОВИЧ, СЛОБОДЯН ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ

(73) СКРИПЕЦЬ АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ТРОНЬКО ВОЛОДИМИР ДМИТРОВИЧ, СЛОБОДЯН ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ

(56) RU 2273950 C2, 20.07.2005

SU 11955419 A, 30.11.1985

SU 1149387 A, 07.04.1985

US 3943464 A, 09.03.1976

US 2003/0128906 A1, 10.07.2003

RU 2120649 C1, 20.10.1998

SU 1805441 A1, 30.03.1993

(57) Магнітооптичний спосіб зсуву фази електричного сигналу, який включає використання фазозсувального кола, який відрізняється тим, що на вхід котушки, всередину якої поміщено магнітооптичний кристал і розміщену між поляризатором і аналізатором, подають пилкоподібний сигнал, який перетворюється у синусоїдальний гармонійний сигнал на виході фотоприймача, фазу якого змінюють шляхом повороту аналізатора відносно поляризатора, які розміщені на спільній осі, а кут повороту контролюють за теодолітною шкалою.

Винахід належить до області радіотехніки і може бути використаний як перетворювач сигналів в радіопередавальних і радіоприймальних пристроях, в інших радіотехнічних системах, комплексах, вимірвальній техніці для керування фазою електричного сигналу.

Відомі методи, що дозволяють зсувати фазу змінного електричного сигналу, наприклад, за допомогою мостового RC-фазообертача. Фазообертачі подібного типу можуть застосовуватися як на низьких, так і на високих частотах. Границі вимірювання фазового зсуву від 0 до 180° [1]. Похибка задавання зсуву фази порядку 0,5° і обмежена кількістю фіксованих положень реостата і змінної ємності. Такі фазообертачі частото залежні. Для розширення частотного діапазону фазообертача був розроблений дискретний фазообертач на двійкових цифрових елементах. Практична реалізація дискретного високочастотного фазообертача на даний час ускладнена, оскільки при використанні сучасних інтегральних мікросхем починає позначатися затримка моменту переключення тригерів через її температурну нестабільність і розкид параметрів [2].

Відомі й інші більш досконалі широкопasmові фазообертачі на операційних підсилювачах, в яких гармонійний сигнал на виході зсунутий щодо вхідного на кут, пропорційний величині опору змінного

резистора. Недоліком даного пристрою є низька точність задання регульованої фази [3].

Тому для підвищення точності установки заданого зсуву по фазі була запропонована схема послідовно з'єднаних інтегратора, компаратора і диференціального ланцюга в двоканальній схемі [4]. Недоліком даного керованого фазообертача є його обмежені можливості, пов'язані з тим, що зсув по фазі залежить від частоти вхідного сигналу.

Як прототип взятий винахід [5], в якому усунуто залежність зсуву по фазі від частоти сигналу за рахунок введення інтегратора і диференціатора в двоканальну схему, на виході якої розташований суматор і обчислювальний пристрій на базі мікропроцесора з визначеним алгоритмом роботи. У такому пристрої в деякому діапазоні регульований зсув по фазі незалежний від частоти. Однак точність установки фазового зсуву обмежена, оскільки вона визначається точністю установки амплітуди сигналу в одному з каналів.

Задачею, на вирішення якої спрямований цей винахід, є створення способу керування зсувом фази електричного сигналу, що не залежить від частотних і фазових характеристик радіотехнічних елементів, які використовуються у реалізації запропонованого способу. При цьому точність регулювання зсуву по фазі значно вища в порівнянні з раніше відомими способами.

(19) UA (11) 94332 (13) C2



Блок-схема пристрою (Фіг.1), що реалізує пропонуванний спосіб зсуву фази електричного сигналу, включає синхронізатор 1, генератор пилкоподібних імпульсів 2, магнітооптичний перетворювач спектра 3, що містить в собі світлодіод а, поляризатор б, аналізатор г, прозорий феромагнетик (магнітооптичний кристал) в, котушку підмагнічування ж та фотоприймач д.

Суть винаходу зводиться до наступного. Гармонійний сигнал  $u_{вх} = u_{0вх} \sin \omega t$  перетворюється в періодичний сигнал. Сигнал  $u_{вх}$  у моменти проходження через нуль запускає синхронізатор 1, який в свою чергу керує генератором пилкоподібних імпульсів. Пилкоподібний сигнал подається на магнітооптичний перетворювач спектра [6] (див. Фіг.1).

На виході перетворювача 3 буде гармонійний сигнал тієї ж частоти  $\omega$ , однак фаза сигналу залежить від азимутальної орієнтації (кутового розвороту) поляризатора 3б щодо аналізатора 3г. Зсув по фазі електричного сигналу плавно змінюється в необмежених границях за рахунок розвороту по азимуту поляризатора відносно аналізатора.

Дійсно, функція перетворення магнітооптичного пристрою дорівнює [6]

$$U_{вих} = U_{0вих} \cos[\Theta_0 + \Theta(U_{вх})] \quad (1),$$

де  $U_{вх}$  - вхідна пилкоподібна напруга, яка подається на підмагнічуючу котушку ж;  $\Theta_0$  - початковий кут повороту по азимуту площини найбільшого пропускання поляризатора б відносно аналізатора г.

Залежність кута повороту площини поляризації світла від підмагнічуючої пилкоподібної напруги  $\Theta(U_{вх})$  наведена на Фіг.2. Вона може змінюватися в широких межах за рахунок зміни форми феромагнітного зразка в і кількості витків у підмагнічуючій котушці (координати точки А змінюються від десятків градусів до тисячі при підмагнічуючих струмах в десятки міліампер). На лінійній ділянці залежність  $\Theta(U_{вх})$  може бути представлена у вигляді

$$\Theta = a U_{вх} \quad (2)$$

де  $a$  - коефіцієнт пропорційності.

У свою чергу періодична пилкоподібна напруга  $u_{вх}$  синхронізована по фазі з вхідним сигналом  $U_{вх} = U_0 \sin \omega t$ , змінюється в часі за лінійним законом

$$U_{вх} = b't \quad (3)$$

де  $b'$  - коефіцієнт пропорційності.

Оскільки генератор пилкоподібних імпульсів періодичний, то перепишемо вираз (3) в такому вигляді

$$U_{вх} = b'T \frac{t}{T} = b \frac{t}{T} \quad (4)$$

де  $b = b'T$ ,  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  - період коливань.

Підставимо (3) і (4) у вираз (2)

$$\Theta = ab \frac{t}{T} \quad (5)$$

Відзначимо, що при  $t=T$  кут  $\Theta = ab$  буде мати максимальне значення, тобто  $\Theta_{\max} = ab$ .

З урахуванням (5) рівняння (1) можна переписати

$$U_{вих} = U_{0вих} \cos^2[\Theta_0 + At],$$

де  $A = \frac{\Theta_{\max}}{T}$ ,  $\Theta_{\max} = ab$ .

Тоді

$$U_{вих} = \frac{U_{0вих}}{2} [1 + \cos^2(\Theta_0 + At)]. \quad (6)$$

Змінна складова вихідного сигналу (6) дорівнює

$$U_{вих-} = \frac{U_{0вих}}{2} \cos(2\Theta_0 + 2At). \quad (7)$$

Позначимо  $2\Theta_0 = \varphi_0$  і  $2A = \omega$ . Тоді

$$U_{вих-} = \frac{U_0}{2} \cos(\varphi_0 + \omega t). \quad (8)$$

Таким чином, регулюючи кут повороту площини поляризації  $\Theta_0$ , змінюємо фазу вихідного сигналу.

Точність установки фазового зсуву визначається точністю установки по азимуту поляризатора або аналізатора, яка залежить від ціни поділки азимутальної (теодолітної) шкали, яка дорівнює секундам (і долям секунди).

Графічно спосіб зсуву фази електричного сигналу можна проілюструвати (Фіг.3а), де зображені залежності вихідної напруги від часу (крива 1 ( $\varphi_0 = 2\Theta_0 = 0$ ), крива 2 ( $\varphi_0 = 2\Theta_0 = 90^\circ$ )).

Керуючий пилкоподібний сигнал (Фіг.3б) подається на підмагнічуючу котушку ж (див. Фіг.1) магнітооптичного перетворювача і відповідно до лінійного закону змінює кут повороту площини поляризації світла в залежності від часу. На виході напруга буде змінюватися згідно з гармонійним законом (крива 1 Фіг.3). Якщо початковий кут повороту (обертанням по азимуту поляризатора або аналізатора) площини поляризації змінити на кут  $\Theta_0 = 45^\circ$ , то фаза сигналу  $\varphi_0 = 2\Theta_0 = 90^\circ$  (крива 2 на Фіг.3).

Слід зазначити, що, якщо  $\Theta_0$  змінить знак на протилежний, то фаза сигналу змінить свій знак. В точках А і В, коли сигнал  $U_{вх}$  досягає такого значення, що кут  $\Theta_{\max} = 180^\circ$ , вхідна напруга стрибком падає до нуля, отже і сигнал  $U_{вих}$  повертається в початковий стан. Отже, в точках А і В будуть спостерігатися провали. Чим вужче будуть провали, тим швидше сигнал  $U_{вх}$  в точках А і В буде досягати вихідного нульового значення. Слід відзначити, що точки А і В це ті точки, де поворот площини поляризації світла кратний  $180^\circ$ .

Пропонуванний спосіб зсуву початкової фази електричного сигналу дозволить створити фазообертачі з поліпшеними параметрами.

1. Точність зсуву по фазі визначається точністю повороту поляризатора (аналізатора) по азимуту, яка фіксується до секунд (і навіть долей секунд). Отже, при розвороті на  $360^\circ$  можна мати мільйон і більш фіксованих положень  $\varphi_0$ , що не можливо зробити іншими методами.

2. Зсув по фазі  $\varphi_0 = 2\Theta_0$  визначається тільки азимутальним розворотом поляризатора (аналізатора) і принципово не залежить від частоти радіосигналу. Отже, зсув по фазі частотно незалежний у всьому діапазоні частот, на яких ще здатний працювати фазообертач.

Джерела інформації:

1. Кукуш В.Д. Електрорадиоизмерения. - М.: Радио и связь, 1985. - 368 С.

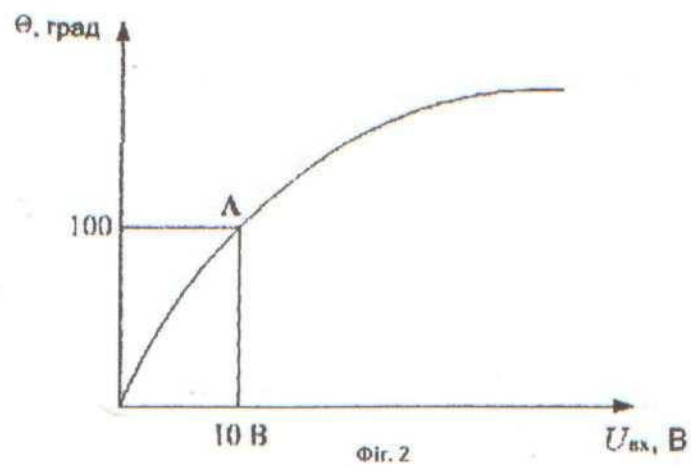
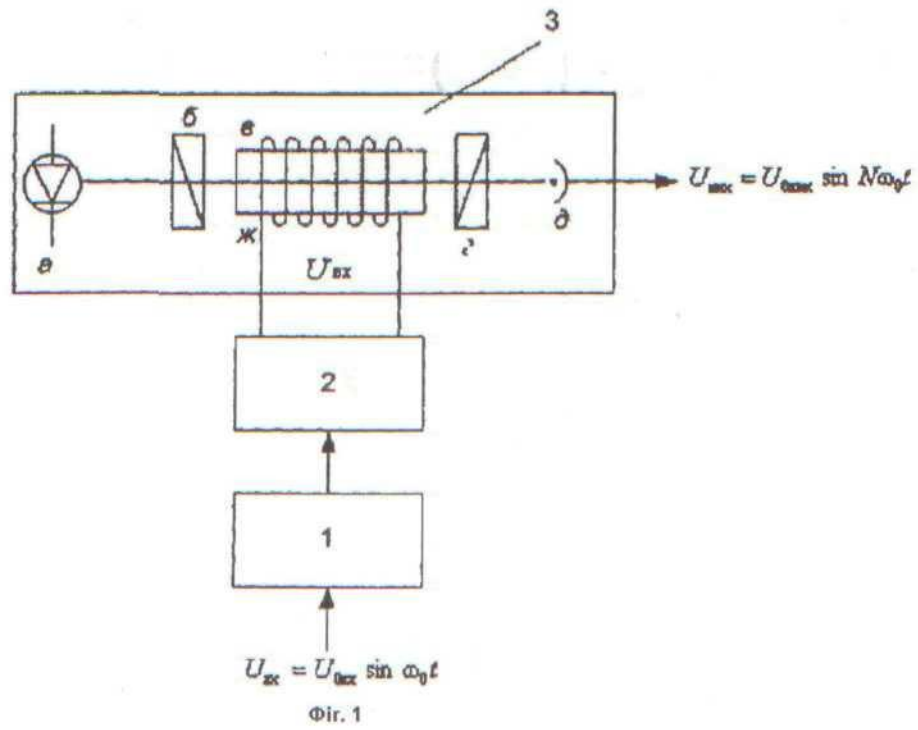
2. Крымшамхалов Т., Солодовников В. Цифровой фазовращатель // Радио, № 6. - М.: ДОСА-АФ, 1977. - С. 23.

3. Беркман Р.Я., Ицкович А.В. Фазовращатель. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU №1149387 А, 4 Н03Н 11/20, БИ 13 от 07.04.85 г.

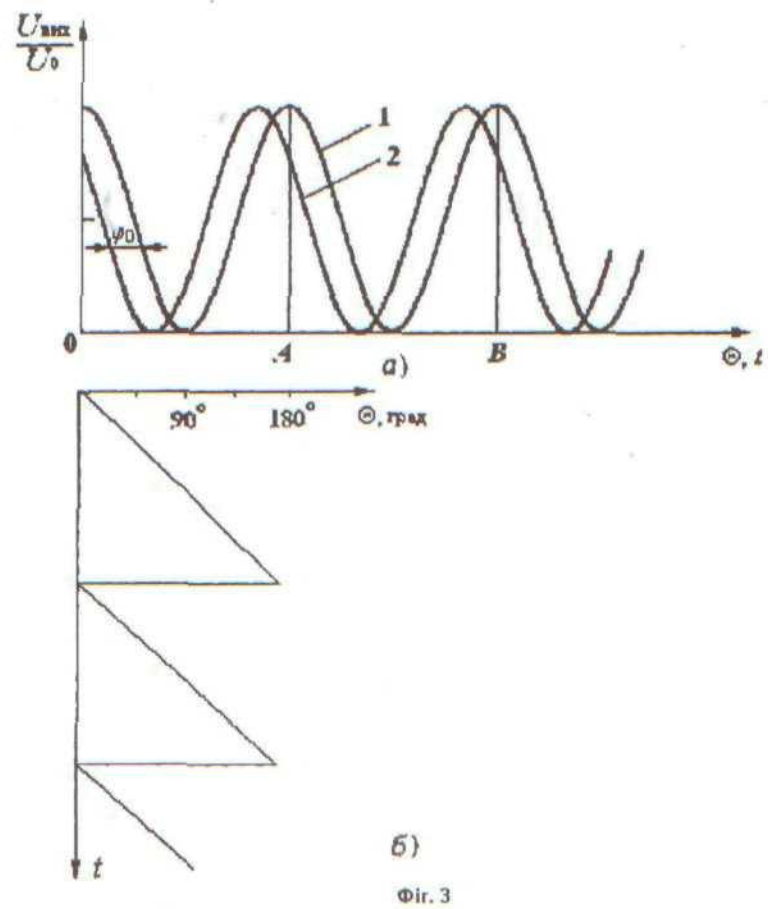
4. Кукушкин М.И., Оржуховский В.З., Сабиров М.Г. Управляемый фазовращатель. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU №1195419, Н03Н 11/20, БИ 44 от 30.11.85 г.

5. Якушенко С.А., Якушенко Е.Ю., Прасько А.Д., Прасько Г.Ю., Михайлов А.А., Михайлова Н.Н. Устройство управления фазой колебаний. Описание изобретения к патенту RU №2273950 С2, от 10.04.2006.

6. Тронько В.Д., Скрипець А.В., Слободян О.П. Оптиелектронний перетворювач спектра радіосигналу інфра- та низько частотного діапазону // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТАУ, вип. 9. - 2006. - С. 154-158.







б)  
Фиг. 3