



УКРАЇНА

(19) UA (11) 65387 (13) U
(51) МПК (2011.01)
H03C 3/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КЕРОВАНІЙ КВАРЦОВИЙ ГЕНЕРАТОР

1

2

(21) u201104153

(22) 06.04.2011

(24) 12.12.2011

(46) 12.12.2011, Бюл.№ 23, 2011 р.

(72) ХУТОРНЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ,
САВЧЕНКО ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, СЕ-
МЕНЕЦЬ ДМИТРО АНАТОЛІЙОВИЧ, ВАСИЛЬЧУК
ДМИТРО ПЕТРОВИЧ, РИСОВАНИЙ ОЛЕКСАНДР
МИКОЛАЙОВИЧ

(73) УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА
АКАДЕМІЯ

(57) Керований кварцовий генератор, який містить
операційний підсилювач з ланцюгами позитивного

та від'ємного зворотних зв'язків, який **відрізня-
ється** тим, що в ланцюзі від'ємного зворотного
зв'язку застосований керований п'єзокварцовий
резонатор, підключений між інвертувальним вхо-
дом операційного підсилювача і нульовим прово-
дом; позитивний зворотний зв'язок, в ланцюг якого
між виходом і прямим входом операційного підси-
лювача підключений резистор; підключені паралел-
льно конденсатор і два резистори між неінверту-
вальним входом операційного підсилювача і
нульовим проводом; електронний ключ підключе-
ний паралельно до одного з резисторів позитивно-
го зворотного зв'язку.

Корисна модель належить до галузі радіотех-
ніки і може бути використана в пристроях генерації
сигналів з управлінням частотою, частотною мо-
дуляцією або маніпуляцією.

Відомий кварцовий генератор на базі опера-
ційного підсилювача [1]. Генератор містить квар-
цовий резонатор у ланцюзі позитивного зворотно-
го зв'язку, операційний підсилювач ввімкнено по
схемі неінвертувального підсилювання. Недоліка-
ми даного кварцового генератора є неможливість
управління частотою, прямокутна форма вихідного
сигналу, необхідність застосування додаткових
RC-ланцюгів для стабілізації режиму коливань.

Найбільш близьким по конструкції до заявле-
ного є кварцовий генератор на основі операційно-
го підсилювача, що містить позитивний і від'ємний
зворотні зв'язки за відсутності індуктивних елеме-
нтів [2]. Пристрій призначений для роботи з низь-
кодобротними кварцовими резонаторами. Недолі-
ком відомого кварцового генератора є
неможливість керування частотою, фіксовані зна-
чення елементів компенсації змінювання динаміч-
ного опору п'єзокварцового резонатора, при якому
забезпечується режим стійкої генерації сигналу.

В основу корисної моделі поставлено задачу
отримання можливості управління частотою квар-
цового генератора, здійснення частотної модуляції
або маніпуляції при збереженні стійкої роботи ква-
рцового генератора в заданому діапазоні зміни
динамічного опору п'єзокварцового резонатора за
відсутності індуктивних і мінімумі використовуюва-
них елементів.

Дана задача вирішується шляхом створення
кварцового генератора, що містить операційний
підсилювач з ланцюгами позитивного та від'ємного
зворотних зв'язків; керований п'єзокварцовий ре-
зонатор, підключений між інвертувальним входом
операційного підсилювача і нульовим проводом;
від'ємний зворотний зв'язок; позитивний зворотний
зв'язок, в ланцюг якого між виходом і неінвертува-
льним входом операційного підсилювача включе-
ний резистор, між неінвертувальним входом опе-
раційного підсилювача і нульовим проводом
підключені паралельно конденсатор і два резисто-
ри; електронний ключ включений паралельно до
одного з резисторів позитивного зворотного зв'яз-
ку.

Корисна модель ілюструється схемами, де на
Фіг.1 зображена принципова схема керованого
кварцового генератора, на Фіг.2 - схеми позитив-
ного і від'ємного зворотних зв'язків у генераторі на
частоті послідовного резонансу керованого п'єзок-
варцового резонатора.

Схема кварцового генератора містить опера-
ційний підсилювач 1; керований п'єзокварцовий
резонатор з управлінням частотою послідовного
резонансу 2, підключений між нульовим проводом
схеми й інвертувальним входом операційного під-
силювача; резистор від'ємного зворотного зв'язку
3, підключений між виходом і інвертувальним вхо-
дом операційного підсилювача 1; коло позитивного
зворотного зв'язку 4, яке складається з резистора,
підключеного між виходом та неінвертувальним
входом операційного підсилювача 1, паралельно

UA (19) 65387 (13) U

підключених конденсатора та двох резисторів, які однією точкою з'єднання підключені до неінвертувального входу операційного підсилювача, а другою точкою - до нульового проводу схеми; електронного ключа 5, підключеного паралельно з одним з двох резисторів ланцюга позитивного зворотного зв'язку 4, причому на електронний ключ 5 і на керований кварцовий резонатор 2 одночасно подається сигнал управління 6.

Кварцовий генератор працює наступним чином. Регулювання частоти в запропонованому генераторі досягається використанням керуваного п'єзокварцового резонатора [3], в якому зміна частоти послідовного резонансу виконується шляхом регулювання зазору між рухомим електроном збудження та поверхнею п'єзокристала за допомогою електромеханічного лінійного індукційно-динамічного перетворювача. При управлінні параметрами імпульсів збудження лінійного індукційно-динамічного перетворювача досягається змінювання міжелектродного зазору в межах 0...0,1 мм, що призводить до відносної перебудови резонансної частоти до $(20...50) \times 10^{-4}$. Одночасно, відбувається зміна параметрів електричної еквівалентної схеми кварцового резонатора. Зокрема, активний опір динамічної гілки R_K при зміні міжелектродного зазору змінюється у відповідності до:

$$R_K = \frac{\eta_S (hp)^2}{4S_e e_{26}^2} \left(1 + \frac{\varepsilon_{22} d}{\varepsilon_a 2h} \right)^2, \quad (1)$$

де η_S , ρ , e_{26} , ε_{22} - величина внутрішнього тертя, щільність, п'єзоелектричні і діелектричні постійні п'єзокварца відповідно;

S_e - площа електродів;

h - розмір, що визначає частоту кристалічного п'єзорезонатора;

d - величина зазору між рухомим електроном та поверхнею п'єзокристала.

Таким чином, при збільшенні міжелектродного зазору, одночасно з зміною частоти послідовного резонансу, збільшується і динамічний опір керуваного п'єзокварцового резонатора. Відомо, що для виникнення незгасаючих коливань в генераторі необхідне виконання двох умов:

1) коефіцієнт передачі генератора на частоті генерації > 1 .

$$W(p) = \frac{(pT_1 + 1)(pT_2 + 1)K_0}{p^2 T_1 T_2 + p(T_1 + T_2 + K_0 k_1 T_2 - K_0 k_2 T_1) + (K_0 k_1 - K_0 k_2 + 1)}. \quad (6)$$

Умовою знаходження схеми з приведеною передаточною функцією на межі стійкості, тобто переходу в генераторний режим, є рівність нулю коефіцієнта при операторі Лапласа першого порядку у характеристичному рівнянні, тобто:

$$R_3 = \frac{R_K C_0 R_1 R_2}{R_K (K_0 C_0 R_1 - K_0 C R_2 - C R_2 - C_0 R_1) - C R_2 R_1} = \frac{R_K A}{R_K B - D}, \quad (8)$$

де A , B , D - сталі коефіцієнти.

Отримане рівняння описує залежність між динамічним опором керуваного п'єзокварцового резонатора R_K та опором резистора ланцюга позитивного зворотного зв'язку $R_3 = R_3' + R_3''$.

2) баланс фаз, при якому сумарне фазове зрушення підсилювача і генератора рівне або кратне 2π .

Збільшення динамічного опору керуваного п'єзокварцового резонатора призводить до порушення умов генерації. Для компенсації зміни параметрів еквівалентної схеми керуваного п'єзорезонансного резонатора пропонується відповідне змінювання величини активного опору в ланцюзі позитивного зворотного зв'язку.

Передаточна функція операційного підсилювача, охопленого позитивним та від'ємним зворотними зв'язками

$$W(p) = \frac{K_0}{1 + K_0 W_B(p) - K_0 W_{\Pi}(p)}, \quad (2)$$

де K_0 - власний коефіцієнт підсилення операційного підсилювача;

$W_B(p)$, $W_{\Pi}(p)$ - передаточні функції ланцюгів від'ємного та позитивного зворотних зв'язків відповідно, схеми яких приведені на Фіг.2.

У схемі кола від'ємного зворотного зв'язку показані тільки статична ємність та динамічний опір керуваного п'єзокварцового резонатора, враховуючи те, що на частоті послідовного резонансу індуктивність і ємність динамічної гілки скомпенсовані.

В свою чергу, передаточні функції ланцюгів зворотних зв'язків наступні:

$$W_B(p) = \frac{k_1}{pT_1 + 1}, \quad (3)$$

$$\text{де } k_1 = \frac{R_K}{R_K + R_1} \text{ та } T_1 = C_0 \frac{R_K R_1}{R_K + R_1};$$

$$W_{\Pi}(p) = \frac{k_2}{pT_2 + 1}, \quad (4)$$

$$\text{де } k_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \text{ та } T_2 = C \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}.$$

Таким чином, передаточна функція підсилювача із зворотними зв'язками

$$W(p) = \frac{K_0}{1 + \frac{K_0 k_1}{pT_1 + 1} - \frac{K_0 k_2}{pT_2 + 1}}. \quad (5)$$

Або після перетворень:

$$T_1 + T_2 + K_0 k_1 T_2 - K_0 k_2 T_1 = 0. \quad (7)$$

При підстановці в рівняння значень з (3) та (4) отримуємо:

ного зворотного зв'язку $R_3 = R_3' + R_3''$. Для реалізації приведеного співвідношення в схему генератора введено електронний ключ 5, який комутує

резистор R'_3 , що призводить до зміни значення опору R_3 . При надходженні сигналу управління 6 на керований п'єзокварцовий резонатор 2, одночасно з зміною частоти послідовного резонансу відбувається вмикання електронного ключа 5, зміна значення опору R_3 у відповідності з рівнянням (8), завдяки чому зберігається режим генерації.

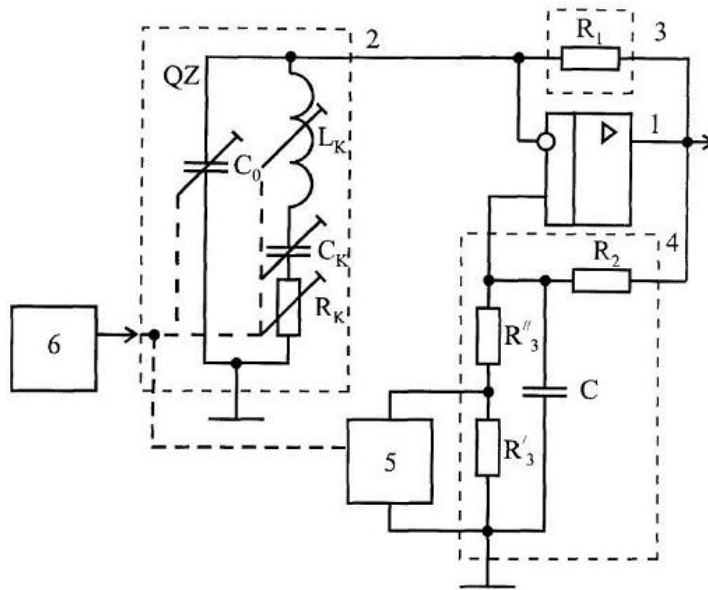
Перевага заявленої корисної моделі полягає в можливості управління частотою кварцового генератора, реалізації частотної модуляції або маніпуляції шляхом зміни зазору між рухомих електродом та поверхнею п'єзокристала в керованому п'єзокварцовому резонаторі зі збереженням стійкого режиму генерації.

Джерела інформації:

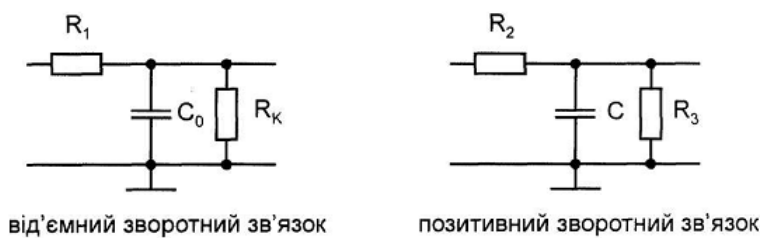
1. Альтшуллер Г.Б. Кварцевые генераторы: Справ. пособие / Г.Б. Альтшуллер, Н.Н. Елфимов, В.Г. Шакулин - М.: Радио и связь, 1984. - 232 с.

2. Патент RU №2260900, МПК⁹ H03B 5/32 Кварцевый генератор / М.В. Милонов, Л.А. Кузнецов, Т.Н. Ермолаева. - №2004113719/09 ; заявл. 05.05.2004 ; опубл. 20.09.2005, Бюл. № 26.

3. Патент UA №57121, МПК⁸ H03H 9/00 П'єзоелектричний резонатор з керуванням частоти / [С.В. Хуторненко, В.М. Савченко, Д.А. Семенец та ін.]. - №u201009357; заявл. 26.07.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. №3.



Фиг. 1



Фиг. 2