

КЕРОВАНИЙ КВАРЦОВИЙ ГЕНЕРАТОР НА ОПЕРАЦІЙНОМУ ПІДСИЛЮВАЧІ

Семенець Д.А., ст. викладач, каф. ЕКТСУ
ННППІ УПА

Перспективним методом управління частотою кварцових генераторів є використання п'єзореzonансних систем (ПРС) з модуляцією міжелектродного зазору. Такі системи дозволяють отримати розширений діапазон перебудови частоти до $(1...1,5) \times 10^{-3}$ (при існуючому рівні $(100...250) \times 10^{-6}$), знизити рівень фазових шумів генератора на $(3...10)$ дБн/Гц. Побудова таких генераторів потребує враховувати як властивості модулятора міжелектродного зазору, так і властивості електричної еквівалентної схеми кварцового резонатора. Представлені в роботах [1], [2] співвідношення дають підставу для подальшої розробки нових типів кварцових генераторів з покращеними характеристиками.

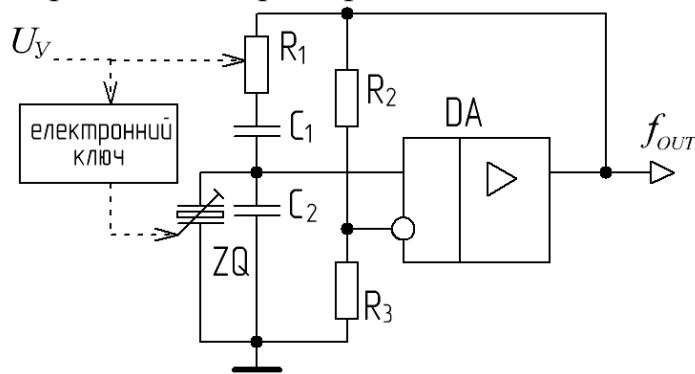


Рисунок 1 - Керований кварцовий генератор з мостом Віна

В роботі запропонована схема кварцового генератора (рис. 1) з управлінням по частоті п'єзореzonансною системою з модуляцією міжелектродного зазору лінійним індукційно-динамічним модулятором на базі операційного підсилювача з двома ланцюгами зворотного зв'язку. За основу взятий відомий генератор гармонійних коливань з мостом Віна [3].

Конструкція та принцип дії керованої ПРС представлені в роботі [2]. Управління частотою в запропонованій схемі виконується сигналом постійної напруги U_y , яка одночасно впливає на керований за опором резистор R_1 у колі позитивного зворотного зв'язку та на обмотку лінійного індукційно-динамічного модулятора міжелектродного зазору ПРС через електронний ключ.

Частота генерації гармонічних коливань запропонованого генератору визначається рівнянням:

$$f_{\bar{A}} = (2\pi RC)^{-1}, \quad (1)$$

де R , C – відповідно опір та ємність елементів, які утворюють ланцюг позитивного зворотного зв'язку. При вмиканні керованого п'єзокварцового резонатора між неінвертувальним входом операційного підсилювача та нульовим проводом схеми, при частоті послідовного резонансу електрична еквівалентна схема резонатору відповідає схемі мосту Віна. Таким чином, у запропонованій схемі умови виникнення гармонійних коливань

визначаються двома співвідношеннями – рівнянням (1), та відомим рівнянням [1] частоти послідовного резонансу для керованого п'єзокварцового резонатору з модуляцією міжелектродного зазору:

$$f_K(x) = f_{K0}(k_2 + x)/(k_1 + x), \quad (2)$$

де f_{K0} - базове значення частоти послідовного резонансу керованого п'єзорезонатору; k_1 , k_2 - сталі коефіцієнти; x – величина міжелектродного зазору п'єзокварцового резонатору.

При управлінні електронним ключем параметрами імпульсів збудження обмотки індуктора лінійного індукційно-динамічного перетворювача досягається змінювання міжелектродного зазору в межах 0...0,15 мм, що призводить до відносної перебудови резонансної частоти до $(0,5...1,2) \times 10^{-3}$. Одночасно, відбувається зміна параметрів електричної еквівалентної схеми кварцового резонатора. Зокрема, активний динамічний опір R_K при зміні міжелектродного зазору змінюється у відповідності до рівняння:

$$R_E(x) = k_3(1 + k_4x)^2 \quad (3)$$

де k_3 , k_4 - сталі коефіцієнти.

При регулюванні частоти модуляцією міжелектродного зазору в запропонованих межах, динамічний опір може змінюватися на 60 ... 80 відсотків, що призведе до порушення умов генерації. Компенсація змінювання параметрів електричної еквівалентної схеми п'єзокварцового резонатору при управлінні частотою виконується керованим за опором резистором R_1 , опір якого визначається сигналом управління U_y . Змінювання опору керованого резистору повинно відповідати рівнянню $R_E(x) = R_1(U_y)$.

Паралельно керованому п'єзокварцовому резонатору ввімкнено конденсатор C_2 для узгодження частоти генерації, визначеною (1) з частотою послідовного резонансу п'єзокварцового резонатору та компенсації незначного змінювання статичної ємкості п'єзокварцового резонатору C_0 при змінюванні міжелектродного зазору. Ланцюг позитивного зворотного зв'язку утворений дільником напруги на резисторах R_2 і R_3 , причому їх величина повинна відповідати співвідношенню $R_2 = 3R_3$.

Запропонований генератор дозволяє виконувати управління частотою коливань в режимі гармонікового генератору при врахуванні параметрів електричної еквівалентної схеми п'єзокварцового резонатору у відповідності з відомими співвідношеннями [1].

Література

1. Савченко В.М. Параметри електричної схеми Batherworth – Van Dyke п'єзоелемента з міжелектродним зазором і однобічним масонавантаженням / В. Савченко, С. Хуторненко // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – №2(14). – С. 104 – 107.
2. Хуторненко С. В. Математична модель п'єзорезонансного пристрою в засобах автоматизації механотронних систем / С. Хуторненко, Д. Семенець // Наукові праці ДонНТУ – серія гірничо-електромеханічна. – 2011. - №21(189). – С. 159 – 167.
3. Кауфман М. Практическое руководство по расчетам схем в электронике: Справочник. В 2-х т. Т.1: Пер. с англ./М. Кауфман, А.Г. Сидман – М.: Энергоатомиздат, 1991. - 368 с.