

ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 538.56

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЧАСТОТИ КОЛИВАНЬ ГЕНЕРАТОРА НА КОМБІНАЦІЙНИХ ЧАСТОТАХ ВІД ХАРАКТЕРИСТИК ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

Кудінов Є.В., Белюженко В.Б

В роботі [1] розглянуто принцип побудови радіолографічного детектора руху як одного з головних елементів системи охоронної сигналізації і вказане припущення, що в якості схеми дуже чутливої до зміни фази, яка вказує на наявність руху об'єкта в області опромінення радіолографічним детектором, доцільне використання фазочастотного перетворювача (ФЧП), побудованого на основі генератора на комбінаційних частотах.

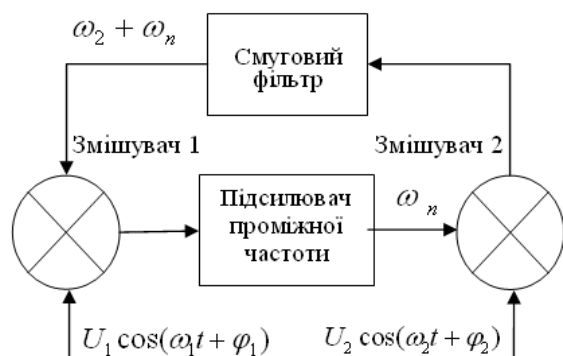


Рис. 1

Узагальнена структурна схема генератора на комбінаційних частотах (рис. 1) має ту особливість, що гармонійні коливання, які подаються на "зовнішні" входи змішувачей, можуть відрізнятися як по фазі так і по частоті.

З умов самозбудження коливань у вигляді рівнянь балансу фаз і балансу амплітуд [2] визначено залежність частоти ω_n , що генерується,

від параметрів елементів схеми [3]:

$$\omega_n = \omega_{0n} - \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\tau_3 + \tau_4} - \frac{(\omega_2 - \omega_1)t}{\tau_3 + \tau_4} \quad \omega_{0n} = \omega_3 + \frac{n2\pi - \psi_3(\omega_3) - \psi_4(\omega_4)}{\tau_3 + \tau_4},$$

де ω_1, φ_1 частота і фаза коливань на зовнішньому вході першого змішувача, а ω_2, φ_2 – на зовнішньому вході другого змішувача; $\psi_3(\omega_3), \psi_4(\omega_4)$ – аргументи комплексних коефіцієнтів передачі підсилювача проміжної частоти (ППЧ) і смугового фільтра (СФ) на середніх частотах їх смуг пропускання ω_3 і ω_4 , відповідно; τ_3 – крутизна ФЧХ ППЧ на частоті ω_3 , τ_4 – крутизна ФЧХ СФ на частоті $\omega_4 = \omega_2 + \omega_3$; ω_n – власне значення частоти на виході ППЧ. За умови $\omega_2 = \omega_1$ вираз для частоти на виході ППЧ можна переписати у вигляді: $\omega = \omega_{0n} - (\varphi_2 - \varphi_1) / (\tau_{ППЧ} + \tau_{СФ})$, тобто частота визначається різницею фаз сигналів однієї частоти на зовнішніх входах змішувачів, таким чином генератор на комбінаційних частотах відносно до різниці

фаз на входах змішувачів є фазочастотним перетворювачем. Якщо ж має місце різниця частот на входах змішувачів, а для радіоголографічного детектора руху це є наслідком Доплерівського зсуву частоти, то, як слідує з наведеного вище виразу, частота на виході ППЧ буде змінюватись у часі, при цьому екстремальні значення частоти – мінімальне і максимальне – відповідають значенням повної фази $|\omega_2 - \omega_1|t = n2\pi$ і $|\omega_2 - \omega_1|t = (n+1)2\pi$, $n = 0, 1, 2, \dots$, та при значенні фази $(n+1)2\pi$ частота повертається до значення при $n2\pi$. Те, що частота змінюється до екстремальних значень, при відповідній обробці сигналу від радіоголографічного детектора дозволяє суттєво знизити ймовірність хибної тривоги або пропуску сигналу.

Постановка задачі

Поставлено задачу побудови у відповідному програмному середовищі моделі генератора на комбінаційних частотах в якості фазочастотного перетворювача із застосуванням елементів моделі, що відповідають характеристикам реальних елементів, та провести дослідження моделі з метою вивчення характеристик ФЧП і, в першу чергу, впливу характеристик фільтра проміжної частоти на крутизну перетворення різниці фаз в зміну частоти.

В якості програмного середовища обрано пакет програм Advanced Design System (ADS), що є потужною системою проектування з розширеними можливостями для розробки і проектування аналогових та цифрових радіотехнічних пристроїв [4]. Даний програмний пакет дозволяє побудувати модель генератора із застосуванням характеристик реальних елементів завдяки вбудованим бібліотекам елементів.

Моделювання генератора на комбінаційних частотах

Для побудови схеми використовуємо відповідні моделі елементів з бібліотеки ADS. Досліджувана модель генератора зображена на рис. 2.

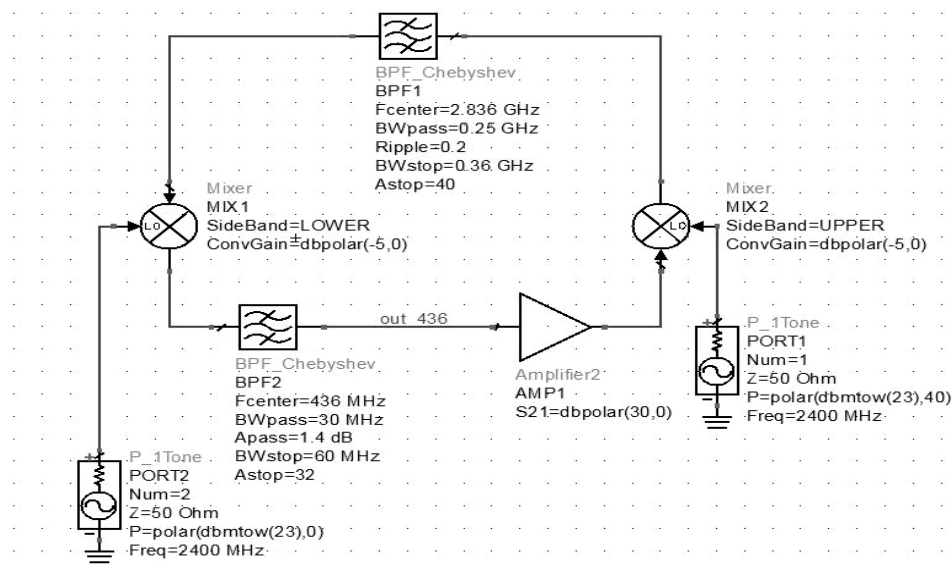


Рис. 2. Модель досліджуваного генератора в середовищі ADS

Для подачі сигналів на входи змішувачів, використовуємо генератори P1_Tone, встановивши параметри сигналів: частота 2400МГц, потужність 23дБм, фазовий зсув змінюємо в налаштуваннях генераторів. Всі інші параметри елементів вказано на рис.2.

Виконуючи симуляцію моделі, при параметрах фільтру проміжної частоти з Чебишевською характеристикою: смуга пропускання на рівні 3дБ – 30МГц, а на рівні 30дБ – 50МГц, і почергово змінюючи різницю фаз на входах змішувачів в діапазоні: $0...360^{\circ}$, отримуємо залежність частоти генерації від різниці фаз (див. рис. 3).

Для цієї характеристики крутизна залежності частоти генерації від різниці фаз $k=0,037$, тобто на 1 градус зсуву фази припадає зміщення частоти генерації на 37кГц, в смузі 12,8МГц.

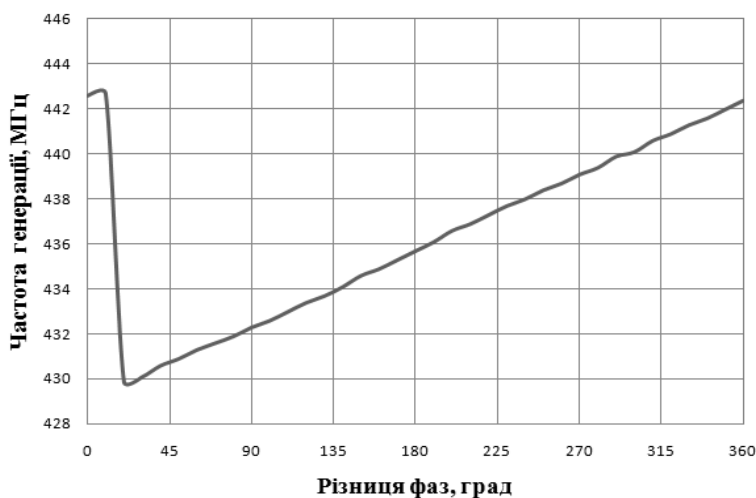


Рис. 3.
Залежність частоти генерації від різниці фаз при смузі пропускання фільтру проміжної частоти з Чебишевською характеристикою 50 МГц

На крутизну фазочастотного перетворення впливають параметри фільтру проміжної частоти (BPF2) на рис.2. З метою дослідження можливості збільшення крутизни характеристики, розширимо смугу пропускання фільтру на рівні 30дБ до 60МГц, тобто зменшимо порядок фільтру. Отримана залежність представлена на рис.4. В даному випадку на 1 градус зсуву фази припадає 51 кГц зміщення частоти генерації зі смугою 17,9 МГц.

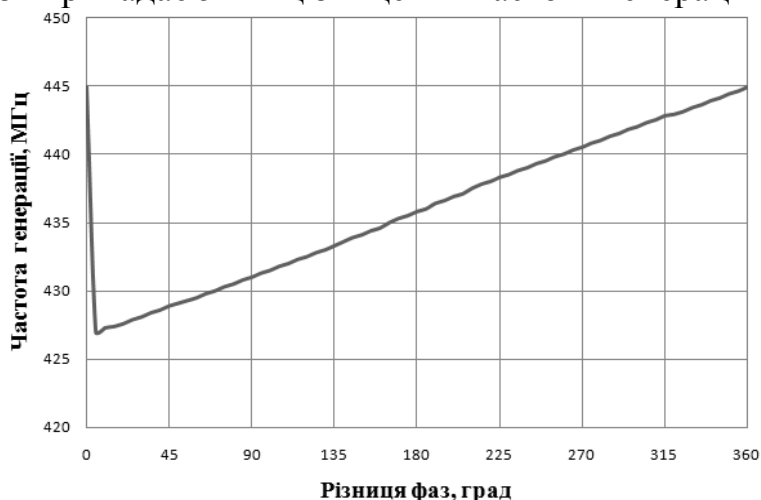


Рис.4.
Залежність частоти генерації від різниці фаз при смузі пропускання фільтру проміжної частоти з Чебишевською характеристикою 60МГц

Визначимо, чи впливає на крутизну фазочастотного перетворення вид характеристики фільтра, тому замість фільтра з Чебишевською характеристикою застосуємо фільтр з пласкою вершиною смуги пропускання, тобто фільтр з характеристикою Батерворта.

Виберемо з бібліотеки відповідну модель фільтра, вказавши ширину смуги пропускання 30 МГц на рівні 3 дБ, а на рівні 30 дБ – 60 МГц. Результати моделювання для цього випадку представлені на рис.5.

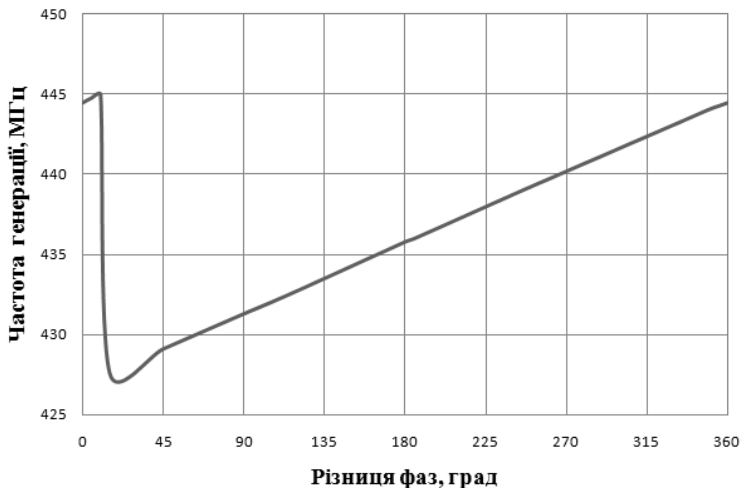


Рис.5.
Залежність частоти генерації від різниці фаз при смузі пропускання фільтра проміжної частоти з характеристикою Батерворта 60МГц

На 1 градус зсуву фази припадає 49 кГц зміщення частоти генерації в смузі 17,4 МГц. Отриманий результат мало відрізняється від такого при використанні фільтра з Чебишевською характеристикою, що дозволяє використовувати фільтри з характеристикою Батерворта з такою ж ефективністю, як Чебишевські, наприклад: фільтри на поверхневих акустичних хвилях (ПАВ), котрі широко розповсюджені та мають малі розміри.

Висновки

Отже генератор на комбінаційних частотах можна використовувати як фазочастотний перетворювач і це дає можливість його використання в системі радіоголографічного детектора руху, адже об'єкти, змінюючи своє положення на захищеній території, змінюють як амплітуду так і фазу сигналу, що приймає детектор. Використання фазочастотного перетворювача, що має високу лінійність та крутизну перетворення змін фази у зміни низької частоти, дасть можливість використовувати цифрову обробку зміни низької частоти для виявлення проникнення на захищену територію.

Змінюючи смугу пропускання, а також крутизну фазочастотної характеристики фільтра проміжної частоти схеми ми можемо досягти ширшої смуги перестройки частоти такого генератора, яка досягається при використанні фільтра меншого порядку.

Література

1. Кудінов Є.В., Беложенко В.Б. Радіоголографічний детектор руху// Вісник НТУУ "КПІ". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування – 2009, №39, с. 36-39.
2. Капранов М.В., Кулешов В.Н., Уткин Г.М. Теорія коливаний в радіотехніке. "Наука", М., 1984, 320 с.

3. Кудінов, Є.В., Дашивець В.А. Формувач сигналів із частотно-часовим кодуванням на основі генератора на комбінаційних частотах// Вісник НТУУ "КПІ". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування – 2008, №36, с. 37-40.

4. Проектирование радиотехнических устройств в среде Advanced Design System: Учеб. пособие / А.Д. Головин, О.А. Смирнова, А.Н. Глотов, Р.Ш. Загидуллин; Под ред. В.Н. Рождествина. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 44 с.

Кудінов Є.В., Белюженко В.Б. Моделювання залежності частоти коливань генератора на комбінаційних частотах від характеристик його елементів. Розглядається залежність частоти коливань генератора на комбінаційних частотах від характеристик фільтра проміжної частоти при заданих характеристиках інших елементів моделі, що відповідають характеристикам реальних елементів.

Ключові слова: генератора на комбінаційних частотах, радіоголографія.

Kudinov E.V., Belyuzhenko V.B. Моделирование зависимости частоты колебаний генератора на комбинационных частотах от характеристик его элементов. Рассматривается зависимость частоты колебаний генератора на комбинационных частотах от характеристик фильтра промежуточной частоты при заданных характеристиках других элементов модели, что отвечают характеристикам реальных элементов.

Ключевые слова: генератор на комбинационных частотах, радиоголография.

Kudinov E.V., Belyuzhenko V.B. Simulation of the oscillation frequency of the oscillator depending on the combination frequencies of the characteristics of its elements. The dependence of the oscillation frequency of the generator at the combination frequencies of the characteristics of the intermediate frequency filter for given characteristics of other elements of the model that meet the characteristics of real elements.

Key words: generator at the combination frequencies, radioholography.

УДК 538.56

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОБІЧНИХ СИГНАЛІВ В МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Кудінов Є.В., Кухоль Є.М.

Як відомо, при роботі технічних засобів перетворення інформації (ТЗП), зокрема, засобів обчислювальної техніки (ЗОТ), мають місце побічні електромагнітні випромінювання і наведення в навколишньому просторі і дротах різних ліній, які можуть бути технічними каналами витоку оброблюваної інформації. Дроти мережі електроживлення як раз і є такими, що за рахунок прямого проходження через фільтруючі ланцюги блока живлення, так і за рахунок наведень від електромагнітних полів вони є вірогідними технічними каналами витоку інформації ТЗП [1]. Тобто, вимірювання високочастотних сигналів в проводах електроживлення і відповідне реагування, якщо рівень цих сигналів такий, що вони на відстані мо-