

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ КЕРОВАНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВІ ЗІГ-ГЕНЕРАТОРА

Вирішення актуальної проблеми визначення частотних характеристик пристроїв та ліній зв'язку полягає у розробці нових методів, що допоможуть покращити точність таких панорамних вимірювань та забезпечити якісне проведення усіх вимірювально-технологічних операцій. Дана робота знайомить з новим способом визначення частоти керованого генератора на ЗІГ-резонаторі. Схема визначення частоти керованого генератора складається з блоку перестройки, обчислювального блоку, власно керованого генератора, стробоскопічного змішувача, фільтра нижніх частот, формувача міток, перемикача, першого і другого кварцових опорних генераторів, третього опорного діапазонного генератора.

Ключові слова: панорамний прилад, керований генератор, ЗІГ-резонатор, змішувач, кварцовий опорний генератор, частотний синтезатор, координатна мітка, вимірювальна мітка.

S. P. KONONOV, M. A. HRYHORENKO
Vinnytsia National Technical University

THE METHOD OF DETERMINING THE FREQUENCY OF A CONTROLLED OSCILLATOR ON THE BASIS OF THE ZIG-GENERATOR

Solving the actual problem due to determination of frequency characteristics of devices and communication lines is developing of new methods that will help to improve the accuracy of such panoramic measurements and ensure the high quality of all measuring and technical operations. This work introduces a new way to determine the frequency of measuring generator on ZIG-resonator. There are no loop control in generator. It's doesn't cause increasing of the level of his phase noise, and temperature frequency instability slightly affects the accuracy of measurements. There is proposing structural scheme that implements a new way to determine the frequency of measuring generator. This work is relevant at the present stage of development of electronic and telecommunication technologies, because it allows to represent to a wide generally a new algorithm determine the frequency of measuring generator. Such approach will improve characteristics and quality of measuring panoramic devices, which in turn optimizes and speed up a process of researching, development and operation of electronic and telecommunications equipment devices and systems. Scheme that determine the frequency of measuring generator consists of the changing block, computational block, measuring generator, stroboscopic mixer, low pass filter, marks maker, switch, the first and second quartz supporting generators, the third supporting band generator. Measuring mark is forming with any frequency in the oscillation band, during the full cycle of the scheme work. As a result, error of definition frequency in the panoramic device will be such or less, as in the best samples of frequency characteristics measuring devices. For example, 0,1 - 0,5 % in the serial device P4-MWM-20 developed by MWM LAB (Belarus). High linearity depending frequency of ZIG-resonator generation from the control current allows, using piecewise linear approximation, to show information about the frequency in the point of the cursor location in the device's monitor.

Keywords: panoramic device, measuring generator, ZIG-resonator, mixer, quartz reference oscillator, frequency synthesizer, coordinate marks, measuring marks

Вступ

Під час визначення параметрів пристроїв та ліній зв'язку важливо знати їх частотні характеристики, знаходження яких є відносно складною операцією.

На допомогу приходять панорамні радіовимірювальні прилади. Узагальнено вони складаються з вимірювального каналу, керованого генератора та обчислювального блоку. Перші два безпосередньо з'єднані з об'єктом, що досліджується. На виході обчислювального блоку відтворюються необхідні параметри і характеристики, достовірність яких в значній мірі залежить від точності формування частотної осі. Актуальною є задача підвищення точності визначення частоти керованого генератора.

Керований генератор в режимі сканування працює в широкому діапазоні частот і може бути побудований за різними способами. Генератор будується на основі частотного синтезатора з петлею ФАПЧ або блоків прямого цифрового і аналогового синтезу. Безпосередньо в якості вузла генерації використовуються схеми на варикапах, керовані напругою, або ЗІГ(залізо-ітрієвий гранат)-резонатори, керовані струмом [1].

До переваг керованого генератора на ЗІГ-резонаторах можна віднести велику кратність перебудови частоти (до декади), високу лінійність залежності частоти генерації від струму керування, низький рівень фазових шумів. Недоліком є низька температурна стабільність частоти та інерційність її зміни. Остання, у випадку коли у керованому генераторі застосовуються зворотні зв'язки регулювання, наприклад ФАПЧ і ЧАПЧ, впливає на швидкодію в цілому панорамних вимірювань. Крім того, наявність в схемі ФАПЧ і ЧАПЧ з опорними генераторами призводить до зростання фазових шумів керованого генератора [2, 3].

Метою роботи є спроба запропонувати новий спосіб визначення частоти керованого генератора на ЗІГ-резонаторі, в якому будуть відсутні петлі регулювання, не буде збільшений рівень фазових шумів, а температурна нестабільність частоти суттєво не впливатиме на точність вимірювань.

Реалізація за новим способом керованого генератора разом зі схемою визначення його частоти спростить конструкцію, зменшить вартість панорамного приладу.

Матеріал даної наукової роботи може бути цікавий для спеціалістів, які займаються розробкою керованих генераторів для панорамних приладів, наприклад, фірми «Micro Lambda Wireless» (USA) та інших подібних організацій.

Принцип роботи схеми визначення частоти

Запропонована схема визначення частоти керованого генератора наведена на рис. 1.

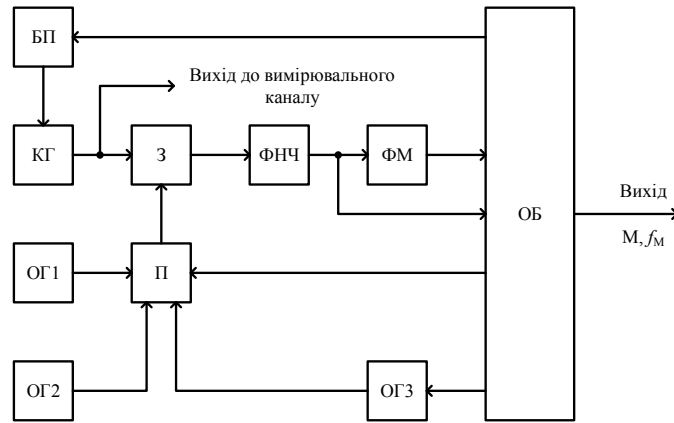


Рис. 1. Схема визначення частоти керованого генератора

Пилкоподібну напругу блок перестройки (БП) починає формувати з приходом на його вхід імпульсів $U_{ОБ}$ від обчислювального блоку (ОБ) (рис. 2, а). Частота $f_{ВГ}$ вихідної напруги керованого генератора (КГ), підключеного до першого входу змішувача (З), змінюється під час прямого ходу розгортки БП за лінійним законом (рис. 2, б). На другий вхід змішувача З через ключ (К) подається напруга у вигляді коротких імпульсів з першого (ОГ1) або другого (ОГ2), або третього (ОГ3) опорних генераторів. Гармоніки вихідної напруги опорних генераторів розподілені рівномірно у робочому діапазоні частот керованого генератора з кроком f_1, f_2, f_3 , відповідно.

Під час першого періоду розгортання частоти ВГ до змішувача З приєднаний генератор ОГ1 з частотою f_1 . При цьому на виході змішувача З спостерігаються "нульові биття", за якими формувач міток (ФМ) створює на вході ОБ імпульси міток тривалістю 2τ з частотним кроком f_1 (рис. 2, в). Часове положення цих міток запам'ятовується в ОБ. Так в часі формуються координатні мітки.

Назва "нульові биття" вказує на появу низькочастотної напруги на виході змішувача З з переходом її частоти через нуль в моменти часу, коли $f_{ВГ} = if_i$, де $i=1, 2, \dots, n, n+1, \dots, n_{МАКС}$ – номер гармоніки генератора ОГ1. Ця низькочастотна напруга потрапляє на вхід ФМ, який складається з послідовно з'єднаних ФНЧ, детектора і компаратора (рис. 3). На виході останнього з'являються імпульси міток.

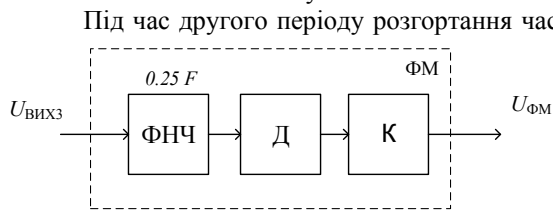


Рис. 3. Формувач міток

Під час другого періоду розгортання частоти генератора ВГ до змішувача З приєднаний генератор ОГ2 з частотою $f_2 = f_1 + F$, де F – частота зсуву, $f_{МАКС}$ – максимальна частота керованого генератора, $n_{МАКС}$ – максимальний номер гармоніки ОГ1.

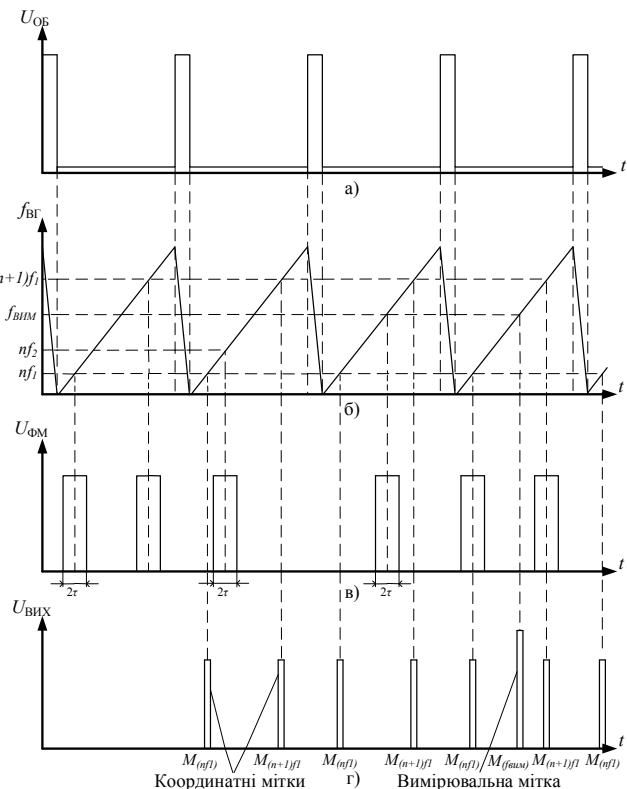


Рис. 2. Часові характеристики сигналів

Для нормальної роботи схеми (рис.1) необхідно, щоб ФНЧ (рис. 3) мав смугу пропускання $0,25F$. Для уникнення впливу перехідних процесів у вузькосмуговому ФНЧ на формування координатних, а

пізніше і виміральної мітки треба правильно вибрати швидкість зміни частоти ВГ, іншими словами, період розгортання.

$$f_1 + F$$

Перед ФМ встановлений ФНЧ зі смугою пропускання $\frac{f_1 + F}{2}$. На виході цього фільтра виділяється напруга, частота якої змінюється в часі за трикутним законом. В момент появи координатної мітки (позначено точкою) частота на виході ФНЧ зменшується (рис. 4,а) або збільшується (рис. 4,б) залежно від

значення частоти генератора ВГ.

При появі першої координатної мітки ОБ визначає в двох послідовних часових інтервалах тривалістю τ кількість квазіперіодів напруги з виходу ФНЧ S_1, S_2 (рис. 2, в, рис. 5, а, б для випадку $S_1 > S_2$). В ОБ розраховується частота ВГ f_{mn} в момент появи першої координатної мітки за формулами:

$$f_{mn} = n f_1 = \frac{S_1 + S_2}{2 \tau F} \cdot f_1, \text{ якщо } S_1 > S_2;$$

$$f_{mn} = n f_1 = \frac{F + S_1 - S_2}{2 \tau} \cdot f_1, \text{ якщо } S_1 < S_2;$$

де n – номер гармоніки генератора ОГ1 з частотою f_1 , $\frac{S_1 + S_2}{2 \tau}$ – частота, яка відповідає

середині часового інтервалу, визначається в ОБ. Номер гармоніки n в ході обчислень заокруглюється до найближчого цілого числа, тим самим підвищується точність визначення частоти координатних міток [4].

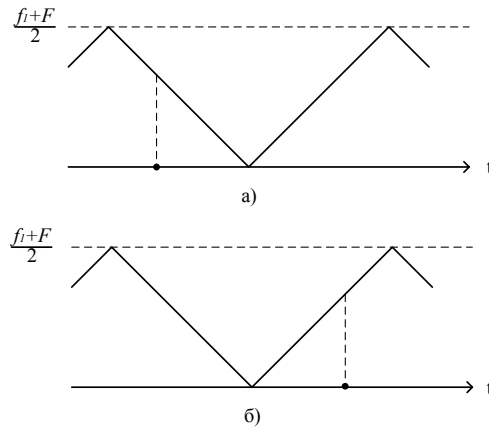


Рис. 4. Частота на виході ФНЧ в момент появи координатної мітки

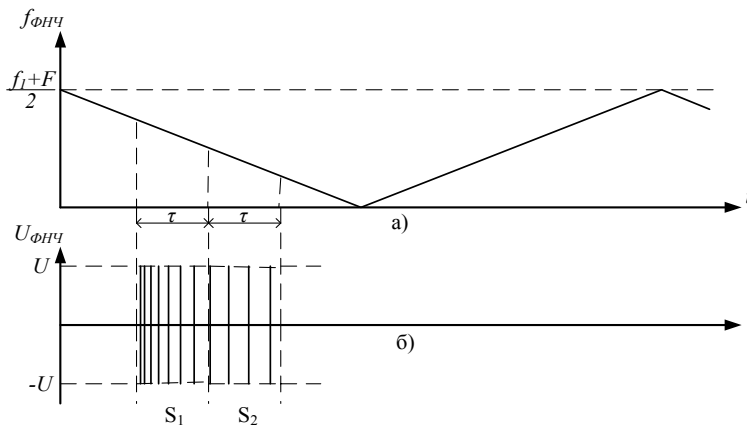


Рис. 5. Зміна в часі частоти і напруги на виході ФНЧ

ОБ за відомим номером гармоніки n генератора ОГ1 визначає частоти всіх координатних міток в смузі гойдання ВГ.

Під час третього періоду розгортання частоти ВГ формується вимірювальна мітка (рис. 2, в), яка відповідає довільній частоті $f_{вим}$ ВГ в межах його робочого діапазону. Частота $f_{вим}$ визначається оператором, який працює з панорамним приладом. До змішувача 3 приєднується генератор ОГ3, частота якого f_3 задається кодом керування від ОБ. Генератор ОГ3 діапазонний і працює в межах від f_1 до $2f_1$. Його частота знаходиться з виразу:

$$f_3 = f_1 + \frac{f_{вим} - n_{вим} f_1}{n_{вим}}$$

де $n_{вим}$ – номер гармоніки генератора ОГ1, який відповідає частоті координатної мітки попередньої вимірювальної.

Генератор ОГ3 будується на основі частотного синтезатора з петлею ФАПЧ (рис. 6). До його складу входять: кварцовий генератор (КГ), який визначає крок перебудови за частотою; фазовий детектор (ФД); ФНЧ, від якого залежить інерційність зміни частоти; генератор на варикапі, керований напругою (ГКН); подільник частоти за змінним коефіцієнтом ділення (ПЗКП), який керується від ОБ і визначає частоту генератора ОГ3.

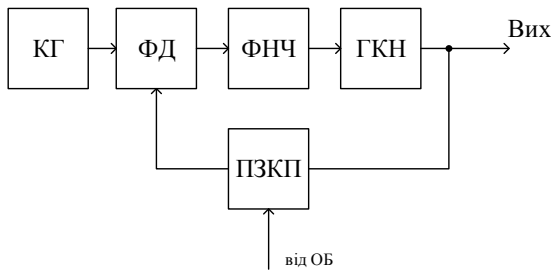


Рис. 6. Третій опорний генератор

описується виразом:

З четвертого і далі періоду розгортання частоти ВГ на виході ОБ формуються короткі імпульси координатних і вимірювальної міток M (рис. 2, г).

Алгоритм роботи ОБ можна доповнити такою сервісною функцією: оператор панорамного приладу курсором на моніторі визначає в будь-якій точці отриманої характеристики частоту. Для цього, використовуємо метод кусково-лінійної апроксимації. Якщо дві координатні мітки вважати опорними точками з координатами x_1, y_1 і x_2, y_2 прямої лінії, то її рівняння

$$y = \frac{f_2 - f_1}{x_2 - x_1} \cdot x + \frac{x_2 f_1 - x_1 f_2}{x_2 - x_1}$$

Для нашого випадку у відповідає частоті $f_{\text{ВГ}}$, x_1 відповідає частоті координатної мітки $n f_1$, а $x_2 - (n+1)f_1$. Після перетворення отримаємо:

$$f = \frac{f_1}{x_2 - x_1} \cdot [x + n x_2 - (n+1)x_1]$$

де x – координата курсору по осі частот, f – частота, яка відповідає положенню курсору на моніторі панорамного приладу.

Висновки

1. Запропонована схема визначення частоти керованого генератора панорамного приладу. Керуваного генератор на ЗІГ-резонаторі не охоплено зворотними зв'язками додаткових регулювань. Він керується лише кодом від обчислювального блоку, від якого залежить струм в котушці. В результаті, вихідна напруга генератора має мінімальний рівень фазового шуму.

Можливі інші способи побудови керованого генератора, наприклад, на основі коливального контуру з варикапом.

2. Використання в якості змішувача НВЧ стробоскопічної конструкції піднімає верхню робочу частоту панорамного приладу до 20 ГГц і вище.

3. Відносна частотна нестабільність опорних генераторів на кварцових резонаторах 10^{-6} і краще забезпечує високу точність визначення частоти керованого генератора, температурна нестабільність якого впливає тільки на часове положення міток на моніторі приладу.

4. В схемі визначення частоти формуються координатні мітки з відомими частотним кроком і абсолютною частотою. Для зменшення кроку схему можна доповнити вузлами додаткового перетворення [5].

5. Крім координатних міток на екрані монітора оператором може бути сформована вимірювальна мітка з будь-якою частотою, точність встановлення якої залежить від малого кроку, меншого за 1 кГц, зміни частоти третього опорного генератора. В результаті, похибка визначення частоти в панорамному приладі буде такою або меншою, як і в кращих зразках вимірювачів частотних характеристик, наприклад, (0,1-0,5)% в серійному приладі Р4-МВМ-20 виробництва фірми MWM LAB (Білорусь).

6. Висока лінійність залежності частоти генерації ЗІГ-резонатора від струму керування дозволяє, використавши кусково-лінійну апроксимацію, подавати на моніторі приладу інформацію з допустимою похибкою про частоту в точці розташування курсору.

Література

1. Кандырин Н.П. ГУН или ЖИГ? Выбор генераторов при проектировании СВЧ синтезаторов с ФАПЧ / Н.П. Кандырин // Системы обработки информации. – Х. : ХУ ПС, 2015. – Вип. 8 (133). – С. 25–30.

2. Ченакин А. Проблема выбора при проектировании высококачественного синтезатора с ФАПЧ / А. Чеканин // Электроника: наука, технология, бизнес. – РИЦ "Техносфера", 2012. – Вип. 6 (00120). – С. 118–122.

3. Кувшинов В. ЖИГ генераторы и синтезаторы частот компании Micro Lambda Wireless / В. Кувшинов // Компоненты и технологии. – Х. : ХУ ПС, 2015. – Вип. 9. – С. 34–38.

4. Кононов С.П. Влияние фильтров на точность измерения частоты свип-генератора стробоскопическим методом / С.П. Кононов, С.М. Кватернюк // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2005. – № 4, ч. 1, т. 1(68). – С. 160–163.

5. Кононов С.П. Калибровка частотной шкалы в панорамных измерителях характеристик устройств радиосвязи / С.П. Кононов, Д.С. Полуденко, О.С. Полуденко, Г.Л. Антонюк // ООО "НАУЧНЫЙ МИР". – 2015. – Т. 4, Вип. 2 (39). – С. 35–45.

References

1. Kandyrin N.P. VCO or YIG? The choice of generators in the design of microwave synthesizers with PLL / N.P. Kandyrin // System of information boxes. - X. : HU PS, 2015. - Vip. 8 (133). - P. 25-30.

2. Chenakin A. The problem of choice when designing a high-quality synthesizer with PLL / A. Chekanin // Electronics: science, technology, business. - RIC "Technosphere", 2012. - Vip. 6 (00120). - P. 118-122.

3. Kuvshinov V. YIG generators and frequency synthesizers of the company Micro Lambda Wireless / V. Kuvshinov // Components and technologies. - X. : HU PS, 2015. - Vip. 9. - P. 34-38.

4. Kononov SP Influence of filters on the accuracy of measuring the frequency of a sweep-generator by a stroboscopic method / SP Kononov, SM Quaternyuk // Zh. "Bulletin of Khmelnytsky National University", Khmelnytsky, 2005, No. 4, p.1, t.1 (68) p.160-163

5. Kononov S.P. Calibration of the frequency scale in panoramic meters of the characteristics of radio communication devices. / SP Kononov, D.S. Poludenko, O.S. Poludenko, G.L. Antonyuk // LLC "SCIENTIFIC WORLD". -2015. - Vol. 4, Vip. 2 (39). - P. 35-45.

Рецензія/Peer review : 18.6.2018 р.

Надрукована/Printed : 19.9.2018 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Осадчук А.В.