

Технічні науки

УДК 621.385.69

**Горлачов Олександр Дмитрович**

*студент*

*Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Горлачев Александр Дмитриевич**

*студент*

*Национального технического университета Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Horlachov Oleksandr**

*Student of the*

*National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**Грамарчук Юрій Олександрович**

*асистент*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*

**Грамарчук Юрий Александрович**

*ассистент*

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Hramarchuk Yurii**

*Assistant*

*National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**Кобак Миколай Миколайович**

*кандидат технічних наук, доцент кафедри ЕПП*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*

**Кобак Николай Николаевич**

*кандидат технических наук, доцент кафедры ЭПУ*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Kobak Mykolai**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the EDE*

*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**НВЧ – СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПОРНОГО  
ГЕНЕРАТОРУ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ СИГНАЛУ  
СВЧ - СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ОПОРНОГО ГЕНЕРАТОРА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ СИГНАЛА  
MICROWAVE FREQUENCY SYNTHESIZER USING A RANDOM  
GENERATOR OF ARBITRARY SIGNAL FORM**

*Анотація.* Досліджено теоретичні аспекти побудови та описані переваги синтезатору частоти з опорним генератором довільної форми сигналу.

*Ключові слова:* синтезатор частоти, опорний генератор, надвисокі частоти, перетворювач частоти.

*Аннотация.* Исследованы теоретические аспекты построения и описаны преимущества синтезатора частоты с опорным генератором произвольной формы сигнала.

**Ключевые слова:** синтезатор частоты, опорный генератор, сверхвысокие частоты, преобразователь частоты.

**Summary.** *The theoretical aspects of construction and the advantages of the frequency synthesizer with the reference generator of arbitrary shape of the signal are described.*

**Key words:** *frequency synthesizer, reference oscillator, ultra-high frequency, frequency converter.*

Для генерації надвисоких частот найчастіше використовується спосіб, побудований на принципі поєднання схем синтезатора частоти з генератором, що керований напругою та кварцевим задавальним генератором. Винайдено безліч схем поєднання цих компонентів, але для стабілізації надвисоких частот часто використовуються діелектричні резонатори з високою добротністю [1].

Розвиток приймально – перетворювальних систем прискорює пошук технічних рішень для НВЧ систем з малими розмірами, високою продуктивністю та можливістю забезпечення високу енергоефективність. Традиційні схеми опорного генератора: поверхнево – акустичні хвилі або кварцовий задавальний генератор не задовольняють вимогам до стабільності, а також додає проблем при перебудуванні частот, внаслідок чого маємо обмеження багатоканальності пристроїв.

Опорний генератор сигналів довільної форми має ряд переваг:

Може створювати стабільні сигнали стандартних функцій, наприклад синусоїди і меандри – яким притаманні висока точність та швидке переналаштування по частоті.

Це дозволяє покращити керування фазовими, частотними та амплітудними характеристиками вихідного сигналу. Розглядається

концепція пристрою, що має у своєму складі джерело опорних коливань, що генерує довільну форму сигналу. Такий вид джерела дозволяє створювати високостабільний вихідний сигнал та забезпечувати оперативне переналаштування частот.

Архітектура НВЧ-синтезатора прямого цифрового циклу забезпечує високу швидкість переналаштування частоти, що дозволяє спростити задавання частотних та фазових змін, що в свою чергу підходить для частотного калібрування приймально-перетворювальних модулів.

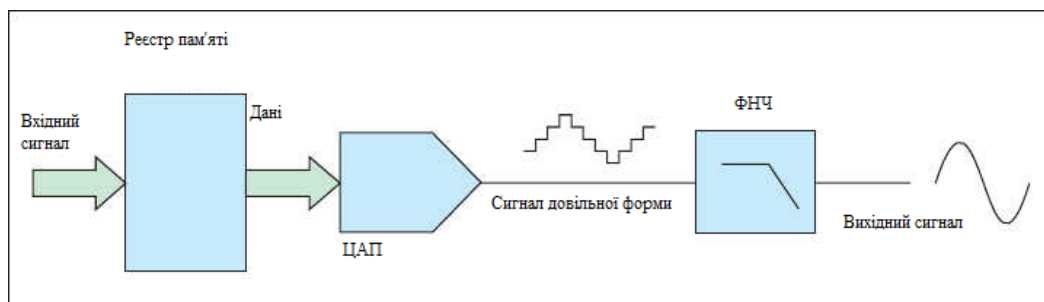


Рис. 1. Формування опорного сигналу

Принцип роботи такого пристрою побудований на основі прямого цифрового синтезу коливань, яке також має назву DDS (direct digital synthesis). Суть принципу в тому, що цифрові дані, які є цифровим еквівалентом сигналу необхідної форми, послідовно зчитуються з пам'яті сигналу і поступають на вхід цифро-аналогового перетворювача (ЦАП). Такий перетворювач тактується з частотою дискретизації генератора і видає послідовність ступенів напруги, що апроксимує потрібну форму сигналу. Ступенева напруга потім згладжується фільтром нижніх частот (ФНЧ), в результаті чого відновлюється остаточна форма сигналу[2].

За методом формування вихідних коливань синтезатори поділяються на дві групи: побудовані на основі прямого (пасивного) синтезу і побудовані на основі непрямого (активного) синтезу.

До першої групи належать синтезатори, що формують вихідні коливання шляхом ділення та множення частоти опорного генератора з

подальшим складанням і відніманням частот, що отримані в результаті ділення та множення.

До другої групи належать пристрої, які створюють вихідні коливання в діапазоні автогенератора гармонійних коливань з параметричною стабілізацією частоти, нестабільність якого усувається системою автоматичного підстроювання частоти (АПЧ) за еталонними (високостабільними) частотами [3].

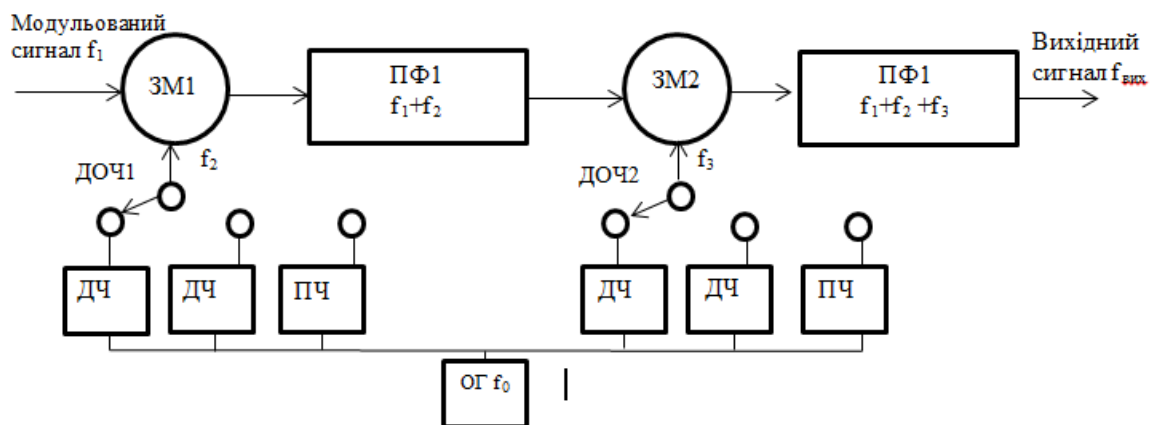


Рис. 2. Датчики опорних частот

Усі вищеназвані синтезатори можуть бути виконані на аналоговій або цифровій компонентній базі.

Високостабільний кварцевий генератор сигналів довільної форми ОГ формує коливання з частотою  $f_0$ , які надходять на дільники та помножувачі частоти ДЧ і ПЧ. Дільники частоти знижують частоту ОГ  $f_0$  в ціле число разів ( $d$ ), а помножувачі частоти збільшують її в ціле число разів ( $k$ ). Частоти, отримані в результаті ділення та множення частоти опорного генератора ( $f_0$ ), використовуються для формування опорних частот у спеціальних пристроях, які називають датчиками опорних частот (ДОЧ).

У випадку використання декадної установки частоти кожен ДОЧ формує десять опорних частот з певним інтервалом між сусідніми частотами. Загальна кількість необхідних датчиків визначається кількістю цифр (розрядів) в записі максимальної частоти синтезатора[4]. Наприклад,

максимальна частота синтезатора, що формує сітку частот з інтервалом  $\Delta f = 1 \text{ кГц}, 5 \text{ МГц} = 5000 \text{ кГц}$ , тобто містить чотири розряди. Тому синтезатор повинен мати чотири датчика опорних частот:

ДОЧ I, формує десять частот з інтервалом  $\Delta f_1 = 1 \text{ кГц}$ ,

ДОЧ II - 10 частот з інтервалом  $\Delta f_2 = 10\Delta f_1 = 10 \text{ кГц}$ ,

ДОЧ III - 10 частот з інтервалом  $\Delta f_3 = 10\Delta f_2 = 100 \text{ кГц}$ ,

ДОЧ IV формує частоти з інтервалом  $\Delta f_4 = 10\Delta f_3 = 1000 \text{ кГц} = 1 \text{ МГц}$ .

Кількість опорних частот з інтервалом 1 МГц в наведеному прикладі тільки п'ять. Опорні частоти, сформовані у датчиках, подаються на змішувачі. Смугові перемикаючі фільтри, ввімкнені на виході змішувачів, виділяють в даному прикладі сумарну частоту: на виході першого  $f_1 + f_2$ , на виході другого  $f_1 + f_2 + f_3$ , на вихід третього  $f_1 + f_2 + f_3 + f_4$ . Частота на виході збудника при декадній установці визначається положеннями перемикачів кожної декади.

**Висновки.** Відносна нестабільність частоти на виході НВЧ синтезатора дорівнює нестабільності опорного генератора. Недоліком таких синтезаторів є наявність на їх виході великої кількості комбінаційних частот, що обумовлено широким використанням змішувачів, але це компенсується більш стабільним опорним сигналом, що разом з пристроями частотного перетворення дозволяє використовувати такі синтезатори у системах, для яких важливе швидке і точне перемикання каналів.

### Література

1. Диэлектрические резонаторы / М.Е. Ильченко, В.Ф. Взятыйшев, Л.Г. Гассанов и др.; Под ред. М.Е. Ильченко. – М.: Радио и связь, 1989. – 328 с.
2. Твердотільні нвч генератори малої потужності, 2012 р.мальцев В. А., Мякинков В. Ю., Рудый Ю. Б., Горюнов И. В., Гусев А. П.

Лебедев В. Н., Тыртышников А. В. Чугуй А. П. ФГУП «НПП «ИСТОК» 191120.

3. Монолитный генераторы свч-диапазона, электроника: наука, технология, бизнес, А. Галдецкий, 4/2005.
4. Soluch W. Scattering matrix approach to one-port SAW resonators / IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Society. – 2000. – Vol. 47, no. 6. – P. 1615-1618.