



УДК 631.371

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ СИНТЕЗУ ЧАСТОТ ДЛЯ МОЖЛИВОГО ЗАСТОСУВАННЯ В ДИСТАНЦІЙНІЙ РЕФЛЕКТОМЕТРІЇ

**Борохов І.В., к.т.н.**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: (06192)42-11-74

**Анотація** – проведено порівняльний аналіз методів синтезу частот для створення збуджувача рефлектометра дистанційного вимірювання діелектричних параметрів біологічних об'єктів. Наведено можливі схеми реалізації методів і їх порівняння.

**Ключові слова:** синтез частот, дистанційна рефлектометрія, збуджувач рефлектометра.

*Постановка проблеми.* При прагненні поліпшити показники з тих чи інших експлуатаційно-технічних характеристик системи синтезу частот (ССЧ), як правило, виникають протиріччя. Так, наприклад, щоб зменшити час установаження частоти вихідних коливачів, може виявитися необхідним примиритися з деяким підвищенням рівня побічних спектральних складових, а розширення діапазону, що перекривається, може змусити збільшити крок сітки частот і т. п. Пошуки рішень, що дозволяють отримати високі показники тому чи іншому комплексу основних експлуатаційно-технічних характеристик, вимагають створення численних типів ССЧ.

*Аналіз останніх досліджень.* В даний час існують безліч схем синтезу частот, які знаходять широке застосування для вимірювання електрофізичних параметрів речовин і матеріалів, але вони не можуть бути використані для дистанційного вимірювання діелектричних параметрів біологічних об'єктів через відсутність високої стабільності вихідного сигналу і малої широкополосності [1, 2].

**Формулювання цілей статті.** Обґрунтування вибору методу синтезу частот для подальшого створення збудника рефлектометричної системи для дистанційного вимірювання діелектричних параметрів біологічних об'єктів.

**Основна частина.** На основі аналізу різних способів синтезу частот була складена табл. 1. Синтез методом гармонік може бути виконаний з використанням пасивного або активного фільтра, що дозволяє отримати високі добротності. За рахунок цього забезпечується низь-



кий рівень фазових шумів у вихідному каскаді. Але при цьому частота вихідного сигналу відхиляється далеко від відповідної частоти [3, 4].

У приладах з прямим методом синтезу частот (рис. 1) використовується стабільний генератор з кількома каскадами гармонійних множувачів і змішувачів, що забезпечує широкий вибір частот на виході. При множенні та діленні  $f_0$  отримують ряд сигналів частот  $f_0 n_1$  і  $f_0 / n_2$ , де  $n_1$  і  $n_2$  будь-які цілі числа. Послідовне застосування цих операцій дозволяє отримати сигнали з частотами  $f_0 n_1 / n_2$ . За допомогою змішувача утворюються сигнали комбінаційних частот. Великого поширення набули декадні синтезатори, в яких сітка частот визначається співвідношенням

$$f_{\text{вих}} = f_0 [M + 10^m (n_1 + 0,1n_2 + 0,01n_3 + 0,001n_4 + \dots)], \quad (1)$$

де  $n_1, n_2, n_3, \dots$  - цілі числа натурального ряду від 0 до 9;

$M$  і  $m$  - фіксовані величини, які визначають діапазон частот синтезатору.

Таблиця 1 – Переваги методів синтезу [1, 3, 4, 6].

Методи синтезу	Характеристики						
	Діапазон частот	Крок сітки частот	Стабільність частоти	Швидкість дії	Спектральна чистота	Споживана потужність	Габаритно-масові характеристики
Синтез гармонік	см, мм				+		
Прямий	см	+		+			
Непрямий	см, мм		+		+	+	+

При малих кроках (наприклад, 0,01 Гц) вже не має значення, що  $f_{\text{вих}}$  змінюється дискретно, а не плавно. Частотна декада перетворює одну з опорних частот  $f_i$  в кілька частот в межах одного десяткового розряду. Число цих частот визначається конкретним видом співвідношення (2)

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

При прямому синтезі кожна декада є генератором гармонік  $f_i$ , які виділяються за допомогою смугових фільтрів. Декади вміщують у собі зазвичай один або два змішувача в поєднанні з роздільником частоти в 10 разів і включаються послідовно або паралельно. Верхня межа частоти в таких синтезаторах досягає сотень мегагерц (500 МГц) [3].

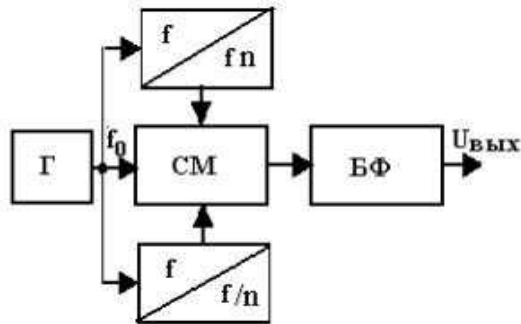


Рис. 1. Можлива схема прямого методу синтезу

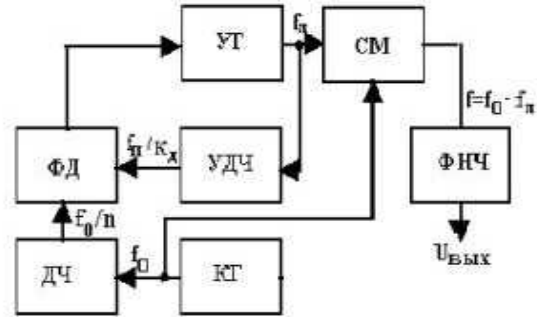


Рис. 2. Можлива схема непрямого синтезу частот

При непрямому синтезі частот кожна декада має кільце фазової автопідстроики частоти (ФАПЧ) і може виконуватися як з множенням, так і з розподілом частоти. На рис. 2 показана одна з можливих схем непрямого синтезу частот. Напряга частотою  $f_n/K_d$  ( $K_d$  - коефіцієнт ділення УДЧ) з виходу керованого генератора (УГ) через керований дільник частоти (УДЧ) надходить на один вхід фазового детектора (ФД), на другий вхід якого з кварцевого генератора (КГ) через дільник частоти (ДЧ) надходять опорні коливання з частотою  $f_0/n$  ( $n$  - коефіцієнт розподілу ДЧ). В результаті порівняння фаз двох коливань на виході ФД формується напруга, яка, змінює вихідну частоту УГ і пропорційно інтегралу від різниці частот  $f_n/K_d$  і  $f_0/n$ .

Вихідні коливання УГ і КГ змішуються в змішувачі (СМ), на виході якого буде сигнал з частотою  $f=f_0-f_n$ . ФНЧ призначений для пригнічення вищих гармонік різницевої частоти. Змінюючи коефіцієнт ділення УДЧ, можна перебудовувати частоту вихідних сигналів в широких межах. При відповідному виборі значення  $f_0$  (для деяких схем  $f_0$  в межах 1-10 МГц) можна за допомогою одного синтезатора перекрити діапазони інфранизьких, низьких і високих частот [3, 5].

Слід зазначити, що метод непрямого синтезу ефективний і в СВЧ діапазоні, але при цьому схеми фазового автопідстроювання значно ускладнюються і передбачають послідовне перетворення частот НВЧ генератора. Похибка установки частоти в таких синтезаторах може бути  $(10^{-5}-10^{-3})\%$ . Недоліком є відносно високий рівень нелінійних викривлень (0,2 - 0,5)%.

**Висновок.** На основі аналізу різних способів синтезу частот можна зробити висновок про те, що для забезпечення необхідних для дистанційної рефлектометрії біооб'єктів характеристик, можна використовувати тільки синтезатори частоти, які засновані на непрямому методі.

#### Список використаних джерел.

1. Завьялов А.С. Измерение параметров материалов на СВЧ / А.С. Завьялов. – Томск.: Издательство Томского университета, 1985.–215 с.



2. Щеголева Т.Ю. Исследование диэлектрических характеристик биообъектов / Т.Ю. Щеголева. – К.: Наукова думка, 2006. – 285с.

3. Зарецкий М.М. Синтезаторы частоты с кольцом фазовой автоподстройки / М.М. Зарецкий, М.Е. Мовшович. – Л.: «Энергия», 1974. – 256 с.

4. Губернаторов О.И. Цифровые синтезаторы частот радиотехнических систем. / О.И. Губернаторов, Ю.Н. Соколов. – Л.: «Энергия», 1973. – 176с.

5. Белов С. И. Расширение диапазонов субмиллиметрового синтезатора частот до 820 ГГц. / С. И. Белов, Л. И.Герштейн, А. С. Масловский // Тезисы 3-го Всесоюзного симпозиума по ММ и СВ волнам. – Горький. – 1980. – С. 191 – 192.

6. Андриянов А.В. Радиоимпульсный рефлектометр наносекундного диапазона / Андриянов А.В., Булатов Е.И., Введенский Ю.В. // Приборы и техника эксперимента. – 1977. – № 2. – С. 141 – 154.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ЧАСТОТ ДЛЯ ВОЗМОЖНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ**

**Борохов И. В.**

**Аннотация** – проведен сравнительный анализ методов синтеза частот для создания возбудителя рефлектометра дистанционного измерения диэлектрических параметров биологических объектов. Приведены возможные схемы реализации методов и проведено их сравнение.

## **ANALYSIS OF THE METHODS OF FREQUENCY SYNTHESIS FOR POSSIBLE USE OF REMOTE REFLECTOMETRY**

**I. Borochov**

### **Summary**

**A comparative analysis of methods for synthesis of frequencies to create a exciter remote measurement of dielectric parameters of biological objects. The possible implementation schemes and methods of comparison.**