

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА СИНТЕЗА ЧАСТОТ ДЛЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ РЕФЛЕКТОМЕТРА

Федюшко Ю. М., Борохов И. В.

Таврический государственный агротехнологический университет.

Проведено сравнительный анализ методов синтеза частот для создания возбудителя рефлектометра дистанционного измерения диэлектрических параметров биологических объектов. Приведены возможные схемы реализации методов и их сравнение.

Постановка проблемы. При стремлении улучшить показатели по тем или иным эксплуатационно-техническим характеристикам системы синтеза частот (ССЧ), как правило, возникают противоречия. Так, например, чтобы уменьшить время установления частоты выходных колебаний, может оказаться необходимым примириться с некоторым повышением уровня побочных спектральных составляющих; расширение перекрываемого диапазона может заставить увеличить шаг сетки частот и т. п. Поиски решений, позволяющих получить высокие показатели потому или иному комплексу основных эксплуатационно-технических характеристик, требуют создание многочисленных типов ССЧ.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время существуют множество схем синтеза частот, которые находят широкое применение для измерения электрофизических параметров веществ и материалов, но они не могут быть использованы для дистанционного измерения диэлектрических параметров биологических объектов из-за отсутствия высокой стабильности выходного сигнала и малой широкополосности [1, 3, 4].

Цель статьи. Обоснование выбора метода синтеза частот для последующего создания возбудителя рефлектометрической системы для дистанционного измерения диэлектрических параметров биологических объектов.

Основные материалы исследования. На основе анализа различных способов синтеза частот была составлена табл. 1 (+ обозначены преимущества различных принципов построения синтезаторов частоты, реализуемых в различных диапазонах волн)

Синтез методом гармоник может быть выполнен с использованием пассивного или активного фильтра за счет перестройки которых можно получить высокие добротности. За счёт этого обеспечивается низкий уровень фазовых шумов в выходном каскаде. Но при этом частота выходного сигнала отклоняется далеко от соответствующей частоты [1, 2].

В приборах с прямым методом синтеза частот (рис. 1) используется стабильный генератор с несколькими каскадами гармонических умножителей и смесителей, что обеспечивает широкий выбор частот на выходе. При умножении и делении f_0 получают ряд сигналов частот $f_0 n_1$ и f_0 / n_2 , где n_1 и n_2 любые целые числа. Последовательное применение этих операций позволяет получить сигналы с частотами $f_0 n_1 / n_2$. С помощью смесителя образуются сигналы комбинационных частот. Большое распространение

получили декадные синтезаторы, в которых сетка частот определяется соотношением

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

где n_1, n_2, n_3, \dots – целые числа натурального ряда от 0 до 9;

M и m – фиксированные величины, определяющие диапазон частот синтезатора.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики методов синтеза [1, 2, 4, 5].

Характеристики Метод синтеза	Диапазон частот (волн)	Шаг сетки частот	Стабильность частоты	Быстродействие	Спектральная чистота	Потреб. мощность	Габаритно-массовые характеристики	Стоимость
Синтез методом гармоник	см, мм				+			
Прямой метод	см	+		+				
Косвенный метод	см, мм		+		+	+	+	+

Минимальное дискретное изменение $f_{\text{ВЫХ}}$ называется шагом сетки частот. При малых шагах (например, 0,01 Гц) уже не имеет значение, что $f_{\text{ВЫХ}}$ изменяется дискретно, а не плавно.

Частотная декада преобразует одну из опорных частот f_i в несколько частот в пределах одного десятичного разряда. Число этих частот определяется конкретным видом соотношения (2).

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

При прямом синтезе каждая декада представляет собой генератор гармоник f_i , которые выделяются при помощи полосовых фильтров. Декады содержат обычно один или два смесителя в сочетании с делителем частоты в 10 раз и включаются последовательно или параллельно. Верхняя граница частоты в таких

синтезаторах достигает сотен мегагерц (порядка 500 МГц) [2].

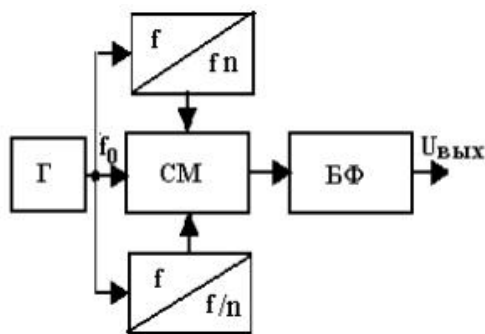


Рисунок 1 – Возможная схема прямого метода синтеза

При косвенном синтезе частот каждая декада имеет кольцо фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и может выполняться как с умножением, так и с делением частоты.

На рис. 2 показана одна из возможных схем косвенного синтеза частот. Напряжение частотой $f_{П}/K_{Д}$ ($K_{Д}$ – коэффициент деления УДЧ) с выхода управляемого генератора (УГ) через управляемый делитель частоты (УДЧ) поступает на один вход фазового детектора (ФД), на второй вход которого с кварцевого генератора (КГ) через делитель частоты (ДЧ) поступают опорные колебания с частотой f_0/n (n – коэффициент деления ДЧ). В результате сравнения фаз двух колебаний на выходе ФД формируется напряжение, которое, изменяет выходную частоту УГ и пропорционально интегралу от разности частот $f_{П}/K_{Д}$ и f_0/n .

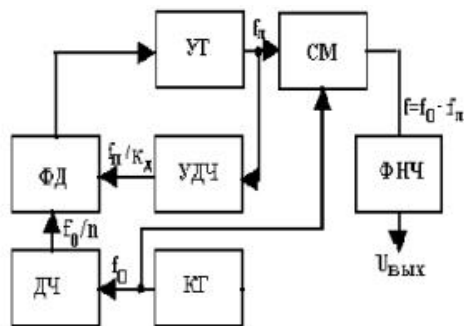


Рисунок 2 – Возможная схем косвенного синтеза частот

Выходные колебания УГ и КГ смешиваются в смесителе (СМ), на выходе которого будет сигнал с частотой $f = f_0 - f_{П}$. ФНЧ предназначен для подавления высших гармоник разностной частоты. Изменяя коэффициент деления УДЧ, можно перестраивать частоту выходных сигналов в широких пределах. При соответствующем выборе значения f_0 (для некоторых схем f_0 в пределах 1 – 10 МГц) можно с помощью одного синтезатора перекрыть диапазоны инфранизких, низких и высоких частот [2, 6].

Следует отметить, что метод косвенного синтеза эффективен и в СВЧ диапазоне, но при этом схемы фазовой автоподстройки значительно усложняются и

предусматривают последовательное преобразование частот СВЧ генератора.

Погрешность установки частоты в таких синтезаторах может составлять $(10^{-5} - 10^{-3}) \%$. Недостатком является относительно высокий уровень нелинейных искажений (0,2 – 0,5) %.

Выводы. На основе анализа различных способов синтеза частот, можно сделать вывод о том, что обеспечить требуемые для дистанционной рефлектометрии биообъектов характеристики можно используя только синтезаторы частоты основанные на косвенном методе.

Список использованных источников.

1. Губернаторов О.И. Цифровые синтезаторы частот радиотехнических систем. / О.И. Губернаторов, Ю.Н. Соколов. – Л.: "Энергия", 1973. – 176 с.
2. Зарецкий М.М. Синтезаторы частоты с кольцом фазовой автоподстройки / М.М. Зарецкий, М.Е. Мовшович. – Л.: "Энергия", 1974. – 256 с.
3. Щеголева Т.Ю. Исследование диэлектрических характеристик биообъектов / Т.Ю. Щеголева. – К.: Наукова думка, 2006. – 285 с.
4. Завьялов А.С. Измерение параметров материалов на СВЧ / А.С. Завьялов. – Томск.: Издательство Томского университета, 1985. – 215 с.
5. Андриянов А.В. Радиопульсный рефлектометр наносекундного диапазона / Андриянов А.В., Булатов Е.И., Введенский Ю.В. // Приборы и техника эксперимента. – 1977. – № 2. – С. 141 – 154.
6. Белов С. И. Расширение диапазона субмиллиметрового синтезатора частот до 820 ГГц. / Белов С. И., Герштейн Л. И., Масловский А. С. // Тезисы 3-го Всесоюзного симпозиума по ММ и СВ волнам. – Горький. – 1980. – С. 191 – 192.

Анотація

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДА СИНТЕЗУ ЧАСТОТ ДЛЯ ЗБУДНИКА РЕФЛЕКТОМЕТРА

Федюшко Ю. М., Борохов І. В.

Проведено порівняльний аналіз методів синтезу частот для створення збудника рефлектометра дистанційного вимірювання діелектричних параметрів біологічних об'єктів. Наведено можливі схеми реалізації методів і їх порівняння.

Abstract

JUSTIFICATION OF THE CHOICE METHOD FOR THE SYNTHESIS OF FREQUENCIES FOR EXCITER THE REFLECTOMETER

Yu. Fediushko, I. Borochov

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.